常见与常用真菌

中国科学院微生物研究所
《常见与常用真菌》编写组

科学出版社

常见与常用真菌

中国科学院微生物研究所
《常见与常用真菌》编写组

科学出版社
1973

内 容 简 介

本书从微生物学分类角度，对常见的，在工、农、医方面具有重要经济意义的真菌作了系统的介绍。书中描述了83属154种真菌，附有197幅绘图或显微摄影。此外，对于分离、识别真菌在方法上也有扼要的叙述。附录中还列举了主要有用真菌的用途和代谢产物。可供从事微生物工作的工人、贫下中农、干部、科技工作者、知识青年及大专院校师生参考。

常 见 与 常 用 真 菌

中国科学院微生物研究所

《常见与常用真菌》编写组

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行　各地新华书店经售

*

1973年8月第 一 版　开本：850×1168　1/32

1973年8月第一次印刷　印张：10 1/4

印数：0001—14,600　字数：266,000

统一书号：13031·100

本社书号：209·13—9

定价：1.30元

前　言

我国广大工农群众和科学技术人员，在毛主席无产阶级革命路线指引下，发扬敢想、敢干的精神，广泛开展应用微生物的科学实验活动，取得了可喜的成果。真菌也如其他各类微生物一样越来越广泛地被应用于我国的工农业生产和医药卫生等方面。在取得巨大成果的同时，也遇到了不少问题，使我们感到有必要编写一本介绍真菌的书籍，希望能为群众性的科学实验活动提供一点资料，以期起到一点推波助澜的作用。

无产阶级文化大革命以前，在反革命修正主义路线的干扰下，真菌分类学的研究几乎走向了脱离无产阶级政治、脱离群众、脱离实际的歧途。无产阶级文化大革命中，革命的大批判使真菌分类学从修正主义的桎梏下解放出来。通过下厂、下乡、深入群众，我们清楚地认识到**“在目前条件下，普及工作的任务更为迫切。轻视和忽视普及工作的态度是错误的”**。至于真菌分类学如何能更好地联系实际、为工农兵服务则是我们今后努力的方向。本书就是我们实现上述想法的一个大胆尝试。

真菌的种类繁多、数量巨大、分布广泛。怎样才能使初学同志入门呢？我们采取了人为地划定范围的方法，选择其中常见与常用者删繁就简加以叙述。这种取材方法难免挂一漏万、顾此失彼，但从应用的角度看，也许有可取之处。

考虑到分类学知识普及的需要，我们仍然大致按照真菌分类系统顺序将菌列出，使读者不致因少引用一些目、科而缺乏系统的概念。本书用大量篇幅描述所列菌的形态，还简略地叙述了该菌的用途和分布，并于描述中插入绘图或照片，以帮助识别各菌。此外，又概述了真菌形态学的一般知识，培养和鉴定的方法等。在附录中介绍了真菌的分离、纯化和保藏等实验法，真菌的

用途和代谢产物以及一些专门名词的解释。就以上内容而言，能否初步满足有关从事工业真菌工作同志们的要求，尚待进一步实践来验证。

本书草稿初成后，一些有关工厂、学校、科研单位提出了许多宝贵意见，甚至为我们提供了有关资料。极大地鼓励和支持了我们的工作，为此谨表示衷心地感谢。这些宝贵的意见促进了我们认真地修改和订正。尽管如此，由于编者思想和业务水平所限，错误之处仍会不少，殷切希望读者给予批评和指正。

目　录

一、真菌的概念 …… 1

(一)什么是真菌 …… 1

(二)真菌在自然界的作用及其与人类的关系 …… 2

(三)真菌的一般形态 …… 3

Ⅰ. 菌丝的构造和形态 …… 3

Ⅱ. 真菌的繁殖方式和孢子的类型 …… 5

(Ⅰ) 无性繁殖 …… 6

(Ⅱ) 有性生殖 …… 12

(Ⅲ) 真菌的生活史 …… 19

Ⅲ. 菌落 …… 26

(四)真菌的命名 …… 28

二、常见与常用的真菌 …… 31

(一)藻状菌纲 …… 40

Ⅰ. 单鞭毛菌组 …… 40

Ⅱ. 双鞭毛菌组 …… 42

Ⅲ. 无鞭毛菌组 …… 50

(二)子囊菌纲 …… 77

Ⅰ. 原子囊菌亚纲 …… 77

Ⅱ. 真子囊菌亚纲 …… 97

(三)担子菌纲 …… 119

Ⅰ. 有隔担子菌亚纲 …… 120

Ⅱ. 无隔担子菌亚纲 …… 128

(四)半知菌类 …… 143

丛梗孢目 …… 146

黑盘孢目 …… 242

球壳孢目 …… 245

无孢群 ……247
三、怎样认识真菌 ……250
(一)丝状真菌的培养和鉴定方法 ……250
Ⅰ. 点植培养法 ……250
Ⅱ. 载片培养法 ……251
Ⅲ. 观察和记载 ……251
(Ⅰ) 肉眼和低倍镜下所见的形态和特征 ……251
(Ⅱ) 显微镜下孢子或子实体结构的形态 ……252
Ⅳ. 生理特征 ……253
(二)酵母菌的鉴定方法 ……254
Ⅰ. 形态的观察 ……255
(Ⅰ) 细胞的形态 ……255
(Ⅱ) 子囊孢子的形成和形态 ……255
(Ⅲ) 假菌丝的形成和形态 ……256
(Ⅳ) 掷孢子的形成和形态 ……258
(Ⅴ) 培养特征 ……258
Ⅱ. 生理测定 ……258
(Ⅰ) 发酵糖类 ……258
(Ⅱ) 同化碳源 ……259
(Ⅲ) 同化乙醇之液体法 ……260
(Ⅳ) 同化硝酸钾 ……261
(Ⅴ) 分解杨梅苷 ……261
(Ⅵ) 产生类淀粉化合物 ……261
(Ⅶ) 产酯 ……261
(Ⅷ) 石蕊牛奶反应 ……262
(Ⅸ) 分解脂肪 ……262
(Ⅹ) 产酸 ……262
(三)检索表的格式和查阅 ……262
附录 ……264
培养微生物必要的器具 ……264
灭菌法 ……265
培养基 ……266

分离真菌成纯培养的方法 ……270
菌种的保藏 ……274
名词简释……277
用于形态描述的示意图……282
某些真菌的主要用途和代谢产物 ……284
主要参考资料……301
菌名索引(中文) ……304
菌名索引(拉丁文) ……311

一、真菌的概念

（一） 什么是真菌

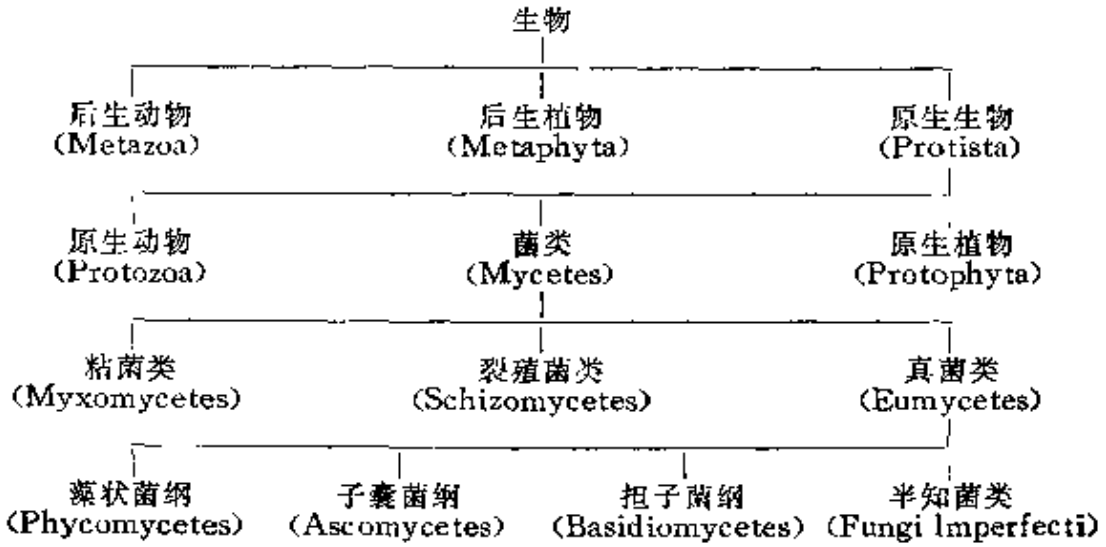
“真菌”这个名称看来似乎陌生，但是我们回忆一下日常生活中的所见所闻，就可以发现，每个人对它都有过接触及不同程度的感性认识。例如酿酒、制馒头或面包发面的酵母；酒曲的曲种（曲霉和根霉）；做豆腐乳的毛霉和红曲霉；产生青霉素的青霉；生产赤霉素（九二〇）的镰刀菌；发酵饲料的黑曲霉和产朊假丝酵母；味美可食的蘑菇、木耳、银耳、猴头；作为中药的神曲、麦角、虫草、茯苓、灵芝；此外还如食品、衣物、用具、器材等因潮湿而发生的霉；引起玉蜀黍膨大的黑粉菌以及小麦锈菌等等都是真菌。这许许多多的种类，小者用显微镜才能看见，大者子实体达几十厘米，那么根据什么共性而把它们归结在一起，称为真菌呢？从生物学的观点来看，它们都不具备叶绿素，因而不能利用无机物（如二氧化碳）来制造食物，靠寄生或腐生得以生存。就其细胞中所贮藏的养料而言，是肝糖而不是淀粉。这与绿色植物有明显的区别。真菌的细胞都有细胞壁，这和动物细胞无细胞壁又有区别。

真菌是微生物中的一大类，然而它与细菌、放线菌也有不同之处。一般说来前者有性细胞的分化，而后二类的任何种都没有有性细胞。就细菌呈极微小的单细胞的形态，同放线菌能产生放射状着生的原始型纤细而茂盛分枝的丝状体对比，则不难区分它们。

综合上述实例或现象，“真菌”就是指有细胞壁，不含叶绿素，无根、茎、叶，以寄生或腐生方式生存，仅少数类群为单细胞，其他都有分枝或不分枝的丝状体，能进行有性和无性繁殖的一类生物。这个定义虽然不完善，然而基本上刻划出真菌的轮廓。

为了使读者进一步对真菌有一个清晰的概念，今以表格方式

列出它们在分类学上的地位。



（二） 真菌在自然界的作用及其与人类的关系

真菌几乎到处都有它们存在，而且其数目也大得惊人。它们能够分解各种有机物质，特别对分解纤维素、半纤维素、木质素等更有特色，因而在自然界进行着缓慢而持续不断的转化作用。由于它们的活动，使动植物特别是植物的残体，又重新变为植物的养料，使绿色植物得以茂盛地生长，这样对人类的衣食住行便提供了间接的帮助。

许多真菌还是危害人和动植物的凶手。例如使人生病的毛癣菌、皮肤癣菌、烟曲霉、新隐球酵母等等。使农作物发生病害的更多更普遍，如水稻恶苗病、小麦锈病、棉花枯萎病、玉蜀黍黑粉病、甘薯黑斑病等等。它们又是腐蚀或霉烂工业原料、工业产品、农业产品的败坏者。给人类带来了直接的危害或损失。

世间一切事物总是一分为二的，真菌有其坏的一面，同时又有好的作用。正是导致水稻恶苗病的赤霉菌，却可用来生产赤霉素而刺激农作物生长；在引起生霉的霉菌中，某些种类又能产生抗生素。谈到抗生素，自青霉素问世以来，用它救死扶伤，何止拯救了

千百万人的生命。事实上，真菌的用途岂止如此，现在已被广泛地用于医药、化工、纺织、丝绸、皮革、酿酒、食品等工业上去。尤其近年来将它用于石油发酵而获得各种化工产品，以及猪的发酵饲料等，使真菌的利用日益扩大。由此可见，人类天天都在直接或间接地受到真菌的益处或危害。

（三） 真菌的一般形态

I. 菌丝的构造和形态

当真菌在基质上开始生长时，首先看到的就是丝状物。生物学上把每一根细丝叫作菌丝，一团菌丝则称为菌丝体。真菌菌体除藻状菌中某些种类和酵母菌为单细胞外，其他种类菌体的基本构造都是分枝或不分枝的菌丝，因而菌丝的结构，是真菌形态的一个重要特征。根据基质所含养料的丰富或贫乏，不同种的真菌，其菌丝体，或长成疏松的网状，或成絮状，或成绒毛状。有些种类的菌丝体甚至密结特化成坚实的菌核。真菌的菌丝体或无色透明，或暗褐色至黑色，或呈现鲜艳的颜色，甚至分泌出某种色素于菌丝体外部，或分泌出有机物质而成结晶并附着在菌丝的表面。

菌丝的内部构造，在显微镜下观察时皆呈管状。即使有些种类的菌丝，其直径不超过1微米，也是如此。藻状菌中的菌丝体，虽然有发达的多重分枝，其丝状的管道中却无横隔，因此其菌丝含有许多细胞核。只是在产生生殖器官或受到机械损伤时，才在下面生出横壁（图1）。当然也有例外，某些种类的老菌丝上有时也能形成横隔，在一些比较高等的藻状菌中，则往往很早就可以形成横隔。子囊菌中除酵母外，其菌丝体都很发达，而且分枝甚繁。丝

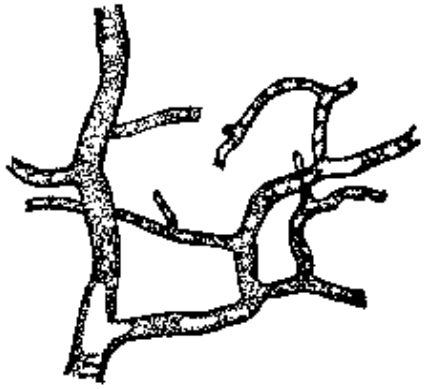


图1 无横隔、具分枝的菌丝示意图

状的管道中皆有横隔，即由横隔将菌丝隔成多细胞（图 2）。子囊菌菌丝横隔是由沿菌丝管壁的四周向中央伸长而形成的，其横隔的中央留有极细的小孔，从而使细胞质或养料互相沟通，细胞核也可以通过。子囊菌菌丝的细胞为单核，或多核。半知菌类的菌丝体形态与子囊菌相同。

担子菌类的菌丝体是由具横隔（因而是多细胞）及分枝的菌丝所组成。它们的菌丝体有一个明显的特征，就是在其生活史中较长的阶段，每个细胞都含有二个细胞核，故又称为双核细胞时期，或双核菌丝体。双核细胞的形成和存在构成担子菌菌丝体另一个特征，即锁状联合（图 3）。所谓锁状联合，是指菌丝上一种特殊构

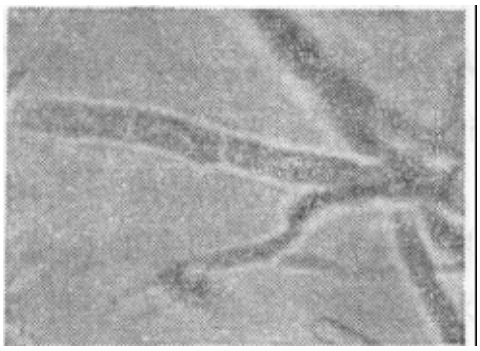


图 2　具有横隔的菌丝

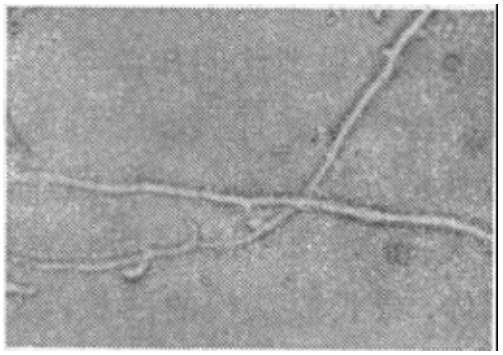


图 3　灵芝菌丝的锁状联合

造。它往往发生在菌丝顶部双核细胞的两核之间。最初由细胞壁生出一个突起，形若极短的分枝，向下弯曲，其顶点再与母细胞的另一处相联合；在此过程中，两核之一移入突起之中；然后二核同时分裂，所产生的四个子核之二在细胞的上部，一个在下部，一在突起之中；此时细胞生出横隔，将细胞分成二个，上面细胞双核，下面细胞一核，突起中仍有一核，待突起的基部生出横壁时，其中之核移入下面细胞，因而构成两个双核细胞（图 4）。这种现象称为锁状联合。它只有在担子菌中才能找到，所以担子菌虽然在一般培养基上不产生子实体，通过显微镜检查其菌丝体有无这个特殊的构造，也可以帮助区分是否为担子菌纲的真菌。

许多真菌在培养过程中常常发生另外一种现象，即联结现象。所谓联结现象是指一菌丝的分枝与另一菌丝相结合，或两条并行

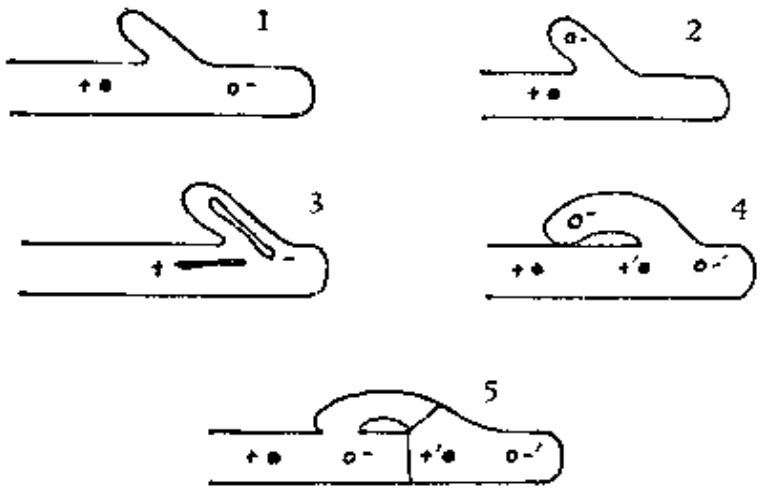


图 4　锁状联合形成过程的示意图

1. 双核细胞形成突起　2. 一核进入突起　3. 双核并裂
4. 两个子核在顶端　5. 隔成二个细胞

的菌丝各自生出短枝或突起，由其顶点相结合（图 5）。由于发生这种现象而使菌丝体常表现为梯形或网状。一般认为联结现象可能有三种功能。一是运输或交换营养物质，即常见的营养体联结现象；二是起质配或核配的桥梁作用，上述的锁状联合，也可以理解为这种作用之一；第三，可能对某些寄生真菌从寄主细胞中吸收营养物质起重要作用，如寄生真菌的菌丝与寄主细胞的联结现象。

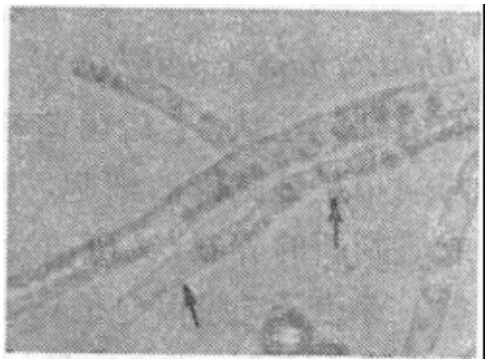


图 5　菌丝的联结现象

II. 真菌的繁殖方式和孢子的类型

真菌的繁殖能力一般都很强，而且方式也多样化，如菌丝的碎片就能进行增殖。然而在自然界，它们往往通过各种无性或有性的孢子来达到其繁殖的目的。真菌的孢子，对其传布和传代固然重要，但对于人们识别它们也很重要，因为不同种类的真菌，其孢子形态或产生孢子的器官多有不同程度的差异，所以真菌的分类

学，几乎大部分是根据孢子或产生它们的器官为主要特征而进行的。现扼要介绍于下。

(I) 无性繁殖

真菌的无性繁殖是指不经过两性细胞的配合便能产生新的个体。最简单的无性繁殖为裂殖，即通过细胞分裂而产生子代。这种生殖方式，多发生在单细胞的类型中，例如裂殖酵母菌(图 6)。大多数真菌是通过无性孢子来实现的。如节孢子、芽孢子、厚垣孢子、顶生厚垣孢子、分生孢子、孢囊孢子等。这些孢子萌发后形成新个体。

图 6　裂殖酵母的细胞分裂(裂殖)

节孢子　节孢子是由菌丝细胞断裂而形成的。最典型的例子如白地霉(*Geotrichum candidum*)。此菌在幼年时或培养初期菌体为完整的多细胞丝状，老后由菌丝内横隔处断裂，形如短柱状或筒状，或两端稍呈钝圆形的细胞，称为节孢子。此种孢子在新鲜培养基上或遇到新的养料，又可萌发生成新的菌丝(图 7)。

芽孢子（芽生孢子）　它是从一个细胞生芽而形成的，当芽长到正常大小时，或脱离母细胞，或与母细胞相连接而且继续再发生

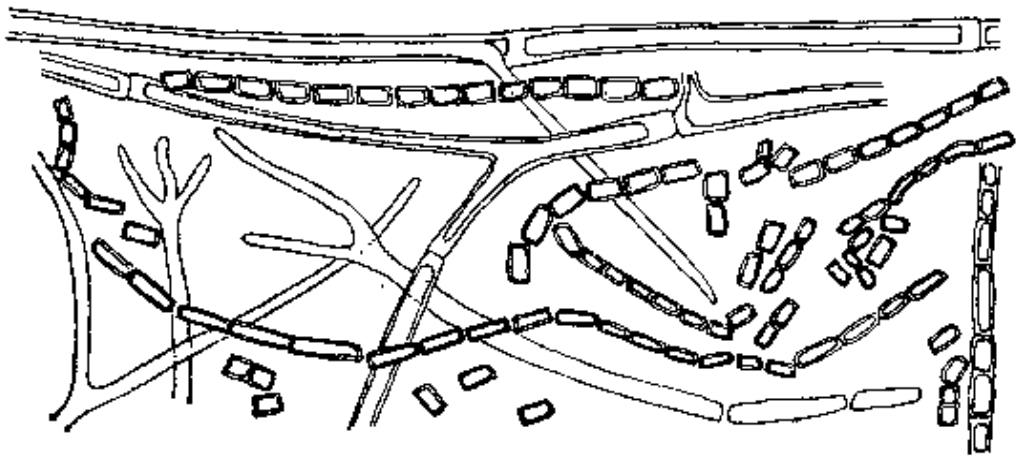


图 7　白地霉的节孢子(细胞断裂)

芽体，如此反复进行，最后成为具有发达或不发达分枝的假菌丝。所谓假菌丝，就是芽殖后的子细胞与母细胞仅以极狭窄面积相连，即两细胞间有一细腰，而不象真正菌丝横隔处两细胞宽度一致。如此多次出芽生殖后，细胞与细胞连成丝状的样子，称为假菌丝。有些种类的假菌丝，在两个细胞相连处的其他侧面（或四周），又生出芽，也称芽孢子（图 8 ）。真菌中的假丝酵母（*Candida*）、球拟酵母（*Torulopsis*）、圆酵母（*Torula*）、红酵母（*Rhodotorula*）、玉蜀黍黑粉菌（*Ustilago maydis*）等等皆产生芽孢子。某些毛霉或根霉在液体培养基中形成的被称为酵母型细胞，也属芽孢子之例。

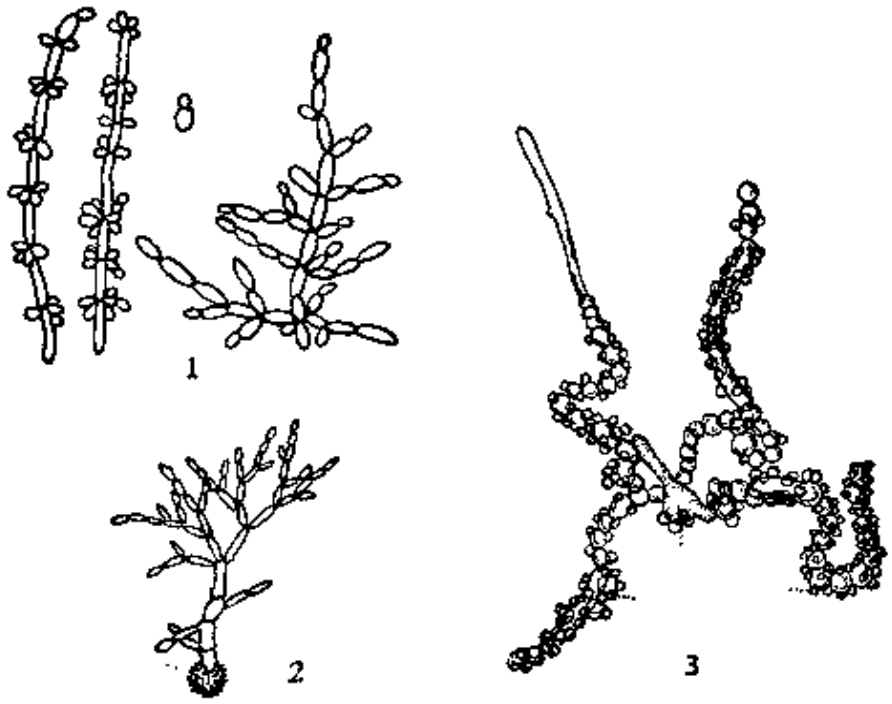


图 8　芽 孢 子

1. 假丝酵母的假菌丝和芽孢子　2. 玉米黑粉菌冬孢子萌发后原菌丝形成的芽孢子　3. 总状毛霉在液体培养基内所形成的酵母型细胞

厚垣孢子（厚膜孢子）　厚垣孢子是真菌的一种休眠（或静止）细胞。它是在菌丝中细胞质密集在一处，特别是类脂质物质的密集，然后在其四周生出厚壁，或原细胞壁加厚而成。有些种类厚垣孢子生在菌丝或分枝的顶端，如白假丝酵母菌（*Candida albicans*）（图 9 ）。如果厚垣孢子产生在菌丝的中间时，其两侧的细胞往往是空虚的，这种现象可能由于细胞质密缩到厚垣孢子内而造成的。

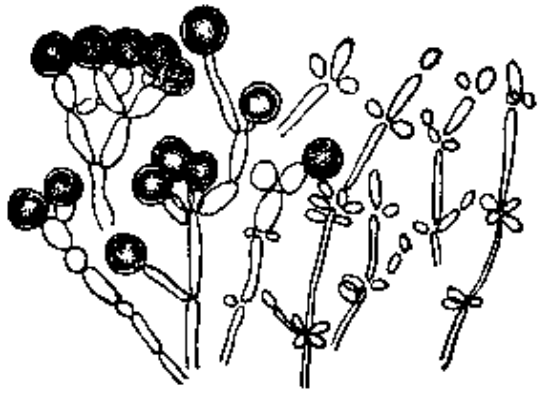


图 9　白假丝酵母假菌丝顶端的厚垣孢子

毛霉中有些种，特别是总状毛霉（*Mucor racemosus*）往往在菌丝中间形成许多这样的厚垣孢子。厚垣孢子为圆形或长方形，有的表面有刺或疣状突起，总之形状不一（图 10）。

顶生厚垣孢子　这种孢子与分生孢子（见下节）不同，它是着生在顶端的一种小型厚垣孢子，但是它着生的部位、颜色、形状、构造、大小等又近似分生孢子。就其形成的方式来说，不是直接由菌丝隔裂或分裂而成，所以与真正的分生孢子又有区别。它们的形成类似厚垣孢子，也是由原生质密缩而成。当菌丝细胞因空虚而死亡后，它们仍然存留在菌丝上，因而在成熟后的菌丝体（或菌落）表面，常见到粉粒状的物质，此即顶生厚垣孢子。这种孢子多单生在菌丝的极短的侧枝顶端，孢子表面多有突起或痣点，例如瘤孢菌（*Sepedonium*）（图 11）。成链的顶生厚垣孢子则非常罕见。

分生孢子　分生孢子是真菌中最常见的一类无性孢子。其形

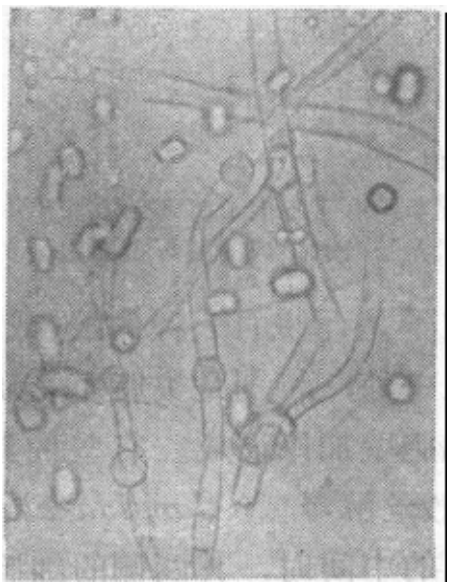


图 10　总状毛霉孢囊梗上的厚垣孢子

图 11　瘤孢菌的顶生厚垣孢子

状、大小、结构以及着生的情况多种多样，因此丰富了真菌的形态学。半知菌的分类，大都是以分生孢子的特征作为依据而进行的。它们或为单细胞或为有规律的多细胞，就其产生的方式大致可归纳为以下几种类型：

（1）无明显分化的分生孢子梗：分生孢子着生在菌丝或其分枝的顶端，单生、成链或成簇，而且产生孢子的菌丝与一般菌丝没有显著的区别，例如红曲霉（*Monascus*）、交链孢霉（*Alternaria*）等等（图12）。

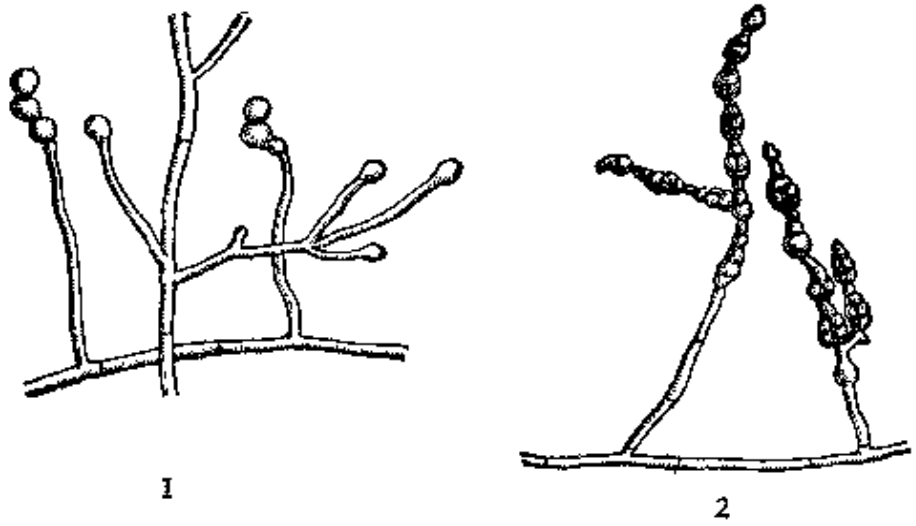


图 12　1. 红曲霉的分生孢子　2. 交链孢霉的分生孢子

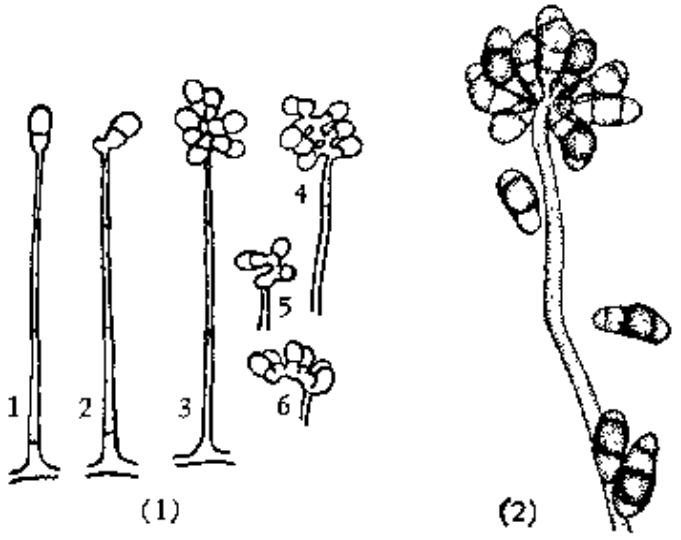


图 13　（1）粉红单端孢霉分生孢子在梗上着生的情况：1. 单一的大型分生孢子　2. 分生孢子梗顶端的大型分生孢子侧面突起　3—6. 许多分生孢子呈假轴状着生在分生孢子梗顶端；（2）新月弯孢霉的分生孢子在分生孢子梗上的着生情况

(2) 具有分化的分生孢子梗：分生孢子着生在已分化的（例如细胞壁加厚或菌丝直径增宽等）分生孢子梗的顶端或侧面。这种菌丝与一般菌丝有明显的差别，它们或直立，或朝一定方向生长。例如粉红单端孢霉（*Trichothecium roseum*）、新月弯孢霉（*Curvularia lunata*）（图 13）。

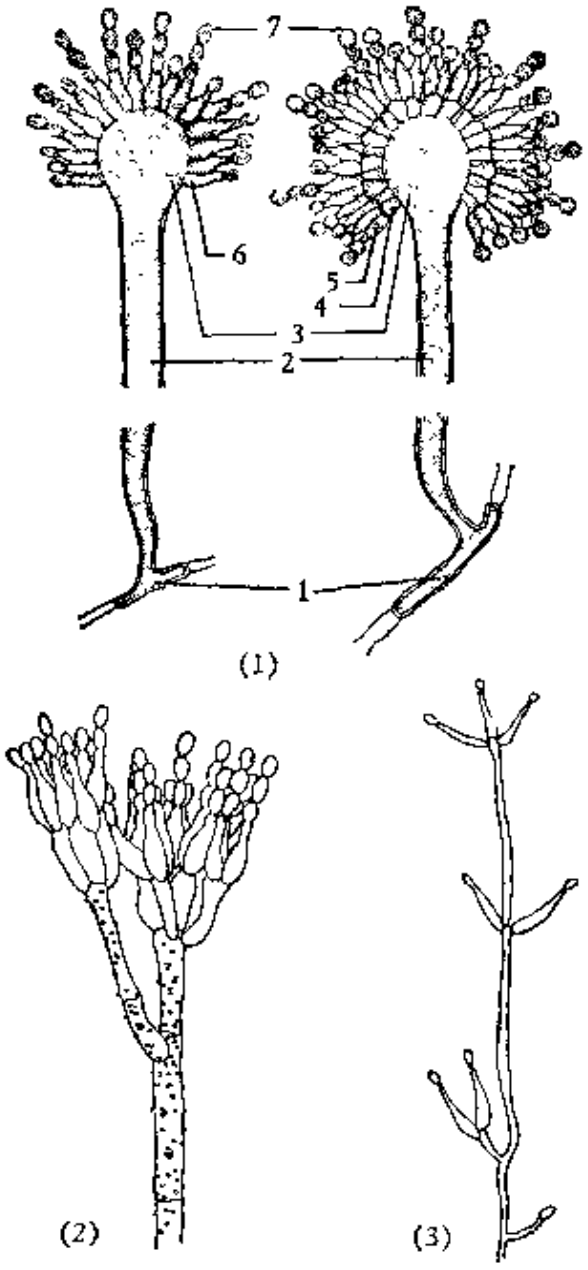


图 14 （1）曲霉各部示意图：1. 足细胞 2. 分生孢子梗 3. 顶囊 4. 初生小梗 5. 次生小梗 6. 小梗 7. 分生孢子；（2）青霉的帚状枝；（3）拟青霉的散生小梗

(3) 具有一定形状的小梗：在已分化的分生孢子梗上，产生一定形状的小梗（常呈瓶形，有人称为瓶形小梗）。分生孢子则着生在小梗的顶端，成串（链）或成团。小梗在分生孢子梗上着生的部位因种而异。宛氏拟青霉（*Paecilomyces varioti*）的小梗有时散生在菌丝索的上下四周。青霉小梗则簇生在分生孢子梗呈帚状分枝的顶端。曲霉的分生孢子梗顶端膨大呈囊状，叫作顶囊。小梗或着生于顶囊的四周，或着生子顶囊的上半部（图 14）。

(4) 分生孢子座：很多种真菌，其分生孢子梗紧密聚集成簇，形似垫状，分生孢子着生于每个梗的顶端，这种现象称为分生孢子座（图 15）。

(5) 分生孢子器：它是一种球形或瓶形的结构，在

器内壁的四周表面或底部生有极短的分生孢子梗，由此梗产生分生孢子，成熟后内部充满分生孢子(图 16)。

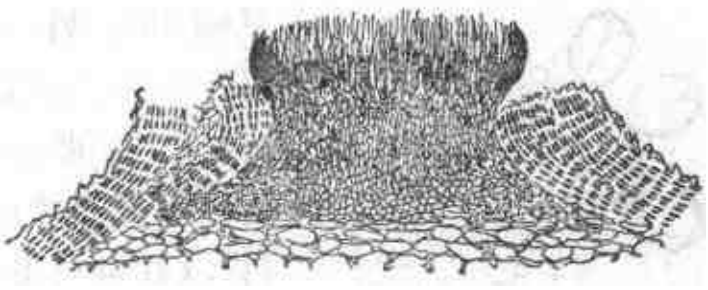


图 15　分生孢子座剖面示意图

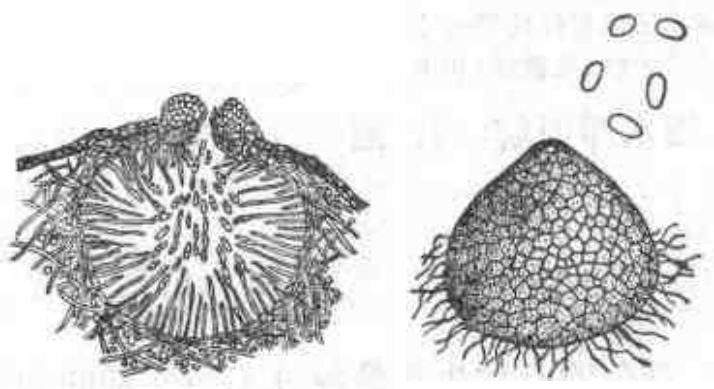


图 16　分生孢子器示意图

孢囊孢子　藻状菌无性繁殖产生的孢子生在孢子囊内，所以称孢囊孢子。孢子囊一般生在营养菌丝的顶端，或生在孢囊梗的顶端。许多真菌的孢囊梗具有分枝，而分枝的顶端也产生孢子囊。在形成孢子囊前，首先有多核的原生质密集于此处，使其膨大，并在下方生出横隔，然后其中原生质体割裂成许多小块，每块发育成一个孢囊孢子。因而其数目一般都相当多。

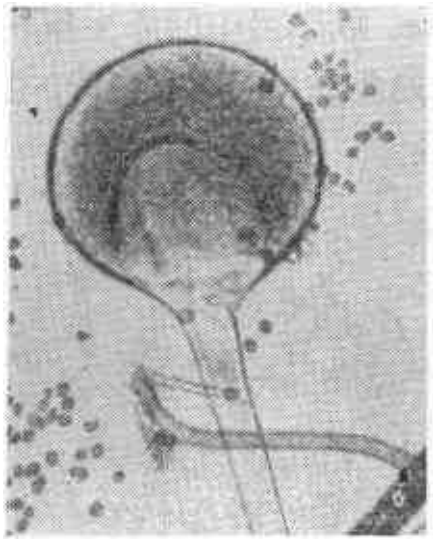


图 17　匍枝根霉的孢囊梗、孢子囊、囊轴、囊托和孢囊孢子

孢子囊的形状不一，因种而异。或为长筒形，或为圆球形，或为梨形。藻状菌中许多种的孢子囊和孢囊梗之间的横隔是凸起的，此凸起多膨大为球形、半球形或锥形，这种突起称为囊轴(图 17)。毛霉、根霉、犁头霉等，其孢子囊中都有囊轴。某些种类孢子囊中无囊轴，而且仅含有少数孢囊孢子，这种没有囊轴的孢子囊称为小型孢子囊(图18)。

就孢囊孢子而言，一般有两种类型。一种具有一个或二个鞭毛，而且能游动，又称游动孢子。例如腐霉（*Pythium*）

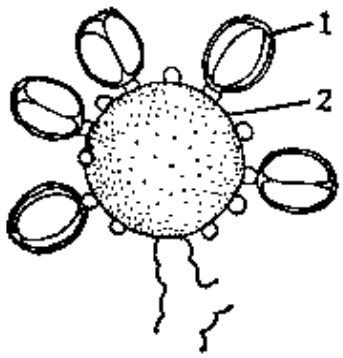


图18　三孢布拉氏霉的小型孢子囊(无囊轴)和泡囊

(见图 33)。另一类型，其孢子无鞭毛，不能游动，又名静止孢子，毛霉目中各种菌的孢囊孢子即属此例。游动孢子呈圆球形、洋梨形或肾形，成熟后从孢子囊特生的管或孔口放出，或孢子囊壁破裂而放出。不能游动的孢囊孢子，其形状、大小各式各样，但多半是孢子囊成熟后，因壁破碎而放出。许多真菌的孢子囊在成熟后，遇水即消解，因而孢子自然会释放出来。

(II) 有性生殖

真菌的有性生殖是经过不同性别的细胞配合（质配和核配）后，产生一定形态的孢子来实现的。真菌有性生殖所产生的孢子，大致可归纳为四种类型，即卵孢子、接合孢子、子囊孢子和担孢子等。前两类孢子产生于藻状菌中，后两种类型分别为子囊菌和担子菌的有性孢子。现将它们形成的过程分别介绍如下。

卵孢子　卵孢子是由两个大小不同的配子囊结合后发育成的，其小型配子囊称雄器，大型的称藏卵器，藏卵器中的原生质在与雄器配合以前，往往又收缩成一或数个原生质团，名叫卵球，有的藏卵器原生质分化为两层，中间的部分原生质浓密称卵质，其外层称周质。卵质所成的团就是卵球，相当于高等生物的卵。当雄器与藏卵器配合时，雄器中的内容物——细胞质和细胞核，通过授精管而进入藏卵器与卵球配合，此后卵球生出外壁即成为卵孢子(图 19)。

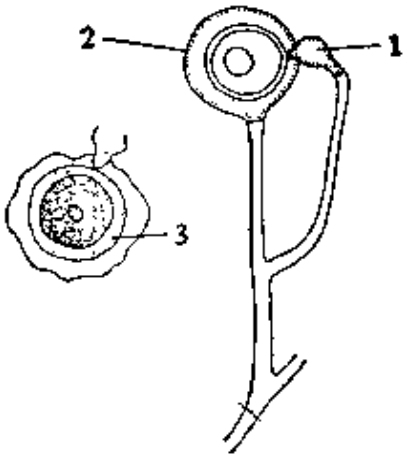


图19　德氏腐霉的卵孢子
1.雄器　2.藏卵器　3.卵孢子

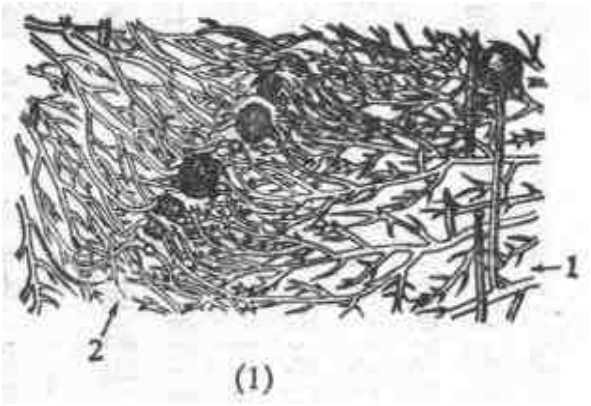
接合孢子　接合孢子是由菌丝生出形态相同或略有不同的配子囊接合而成。两个邻近的菌丝相遇，各自向对方

生出极短的侧枝，称为原配子囊。原配子囊接触后，顶端各自膨大并形成横隔，隔成一细胞，此细胞即配子囊。配子囊下面的部分称为配子囊柄。相接触的两个配子囊之间的横隔消失，其细胞质与细胞核互相配合，同时外部形成厚壁，即接合孢子。在毛霉目中存在两种现象：其一是单一的孢囊孢子萌发后所形成的菌丝体，当两根菌丝靠近时，便生出配子囊，经接触后产生接合孢子，甚至在同一菌丝的分枝上，也会接触而成接合孢子，这种情况称为同宗配合。有性根霉（*Rhizopus sexualis*）、接霉（*Zygorhynchus*）即属此例。第二种现象是，接合孢子的产生需要两种不同质菌系的菌丝相遇后才能形成，而这两种有亲合力的菌系在形态上并无区别，所以通常用"+"，"—"符号来代表。以这种方式所产生的接合孢子，称为异宗配合。毛霉目中大多数的种都属异宗配合（图 20）。

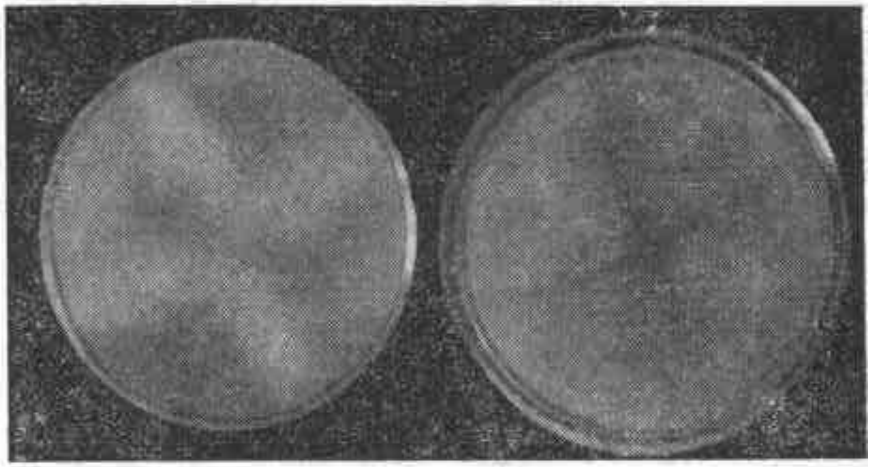
子囊孢子　子囊孢子是子囊菌的主要特征。它是有性生殖的产物。它发生在子囊中。子囊是一种囊状的结构，球形、棒形或圆筒形，因种而异。子囊中孢子数目通常 1—8 个，或为 2 的 n 次方（2^n），典型的子囊中有 8 个孢子。子囊菌这个名称就是根据它们能产生子囊，故称为子囊菌。

子囊菌形成子囊的方式不一，最简单的是由两个营养细胞结合后直接形成子囊。例如啤酒酵母（*Saccharomyces cerevisiae*），两个单核而且是单倍体的营养细胞结合后，经质配、核配而成为一个二倍体的细胞。此细胞可以进行普通的出芽生殖而产生许多细胞，然而它们都是二倍体细胞。这种二倍体细胞在一定条件下，其细胞核进行两次分裂，其中一次为减数分裂。因而变成含四个子核的细胞，此时的细胞即成为子囊，四个子核与周围的原生质各形成一个孢子，即子囊孢子。所以此菌的子囊中含四个子囊孢子。子囊破后孢子散出，又可进行出芽生殖而产生许多细胞，此时的细胞又成为单倍体细胞（图27）。

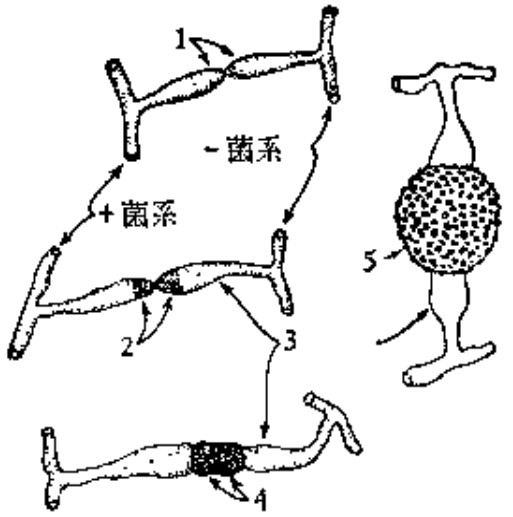
高等子囊菌形成子囊的两性细胞，多半已有分化，因而形态上也有区别。雌性者称产囊器，多呈圆柱形或圆形，而且较大，由一个或一个以上的细胞构成。其顶端有受精丝，受精丝或为长形细



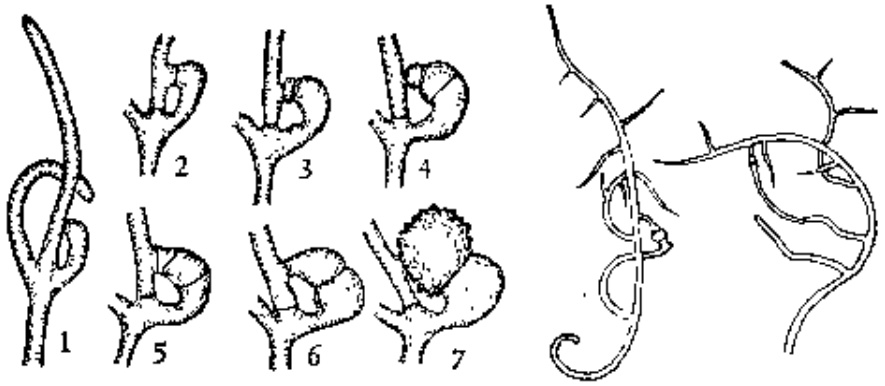
(1)



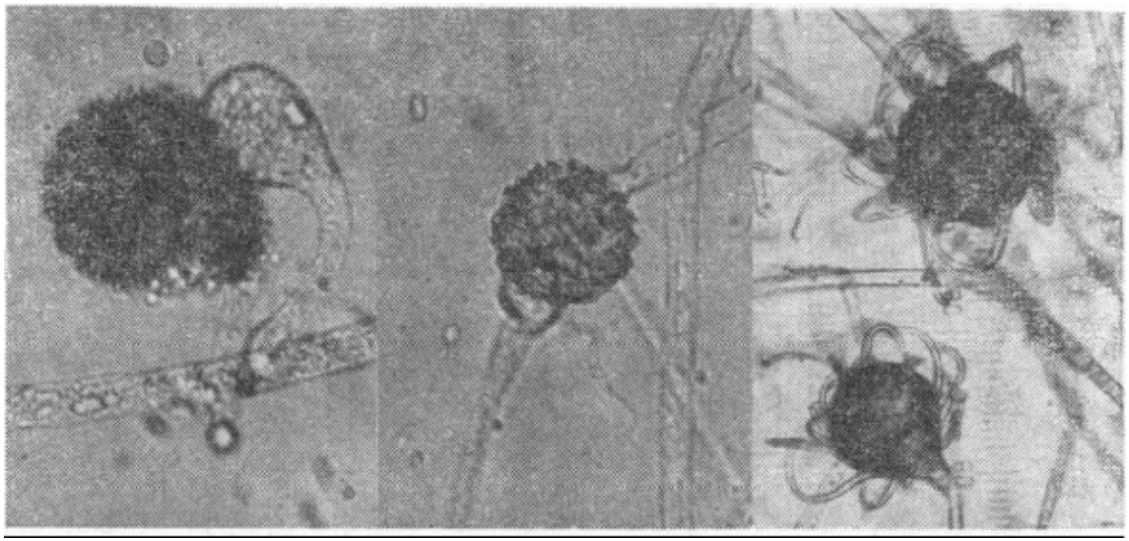
(2)



(3)



(4)



(5)　　(6)　　(7)

图 20　(1) 毛霉形成接合孢子示意图(异宗配合)：1.孢囊柄　2.接合孢子；　(2) 左：毛霉用平板培养(+)、(−)菌系所形成的接合孢子区，右：左图平板的背面；(3) 匍枝根霉形成接合孢子示意图(异宗配合)：1.原配子囊　2.配子囊　3.配子囊柄　4.配子囊接合5.接合孢子；　(4) 异配囊接霉形成接合孢子示意图 (同宗配合)：1—7 接合孢子的形成过程；　(5) 接霉的接合孢子；　(6) 毛霉的接合孢子；　(7) 犁头霉的接合孢子，配囊柄上有附属物

胞，或为丝状。雄性者称雄器，一般都较雌性者小，或为圆柱形或为棒状。产囊器中各含有单核或多核，两性器官接触后，雄器中的细胞质和核通过受精丝而进入产囊器。但是两个性别的核在产囊器中，并不融合，只是双双成对地靠近，此时只进行质配。质配后产囊器生出许多短菌丝，称为产囊丝，成对的核进入产囊丝，而且经过几次同时分裂而形成多核。此后，产囊丝中生出横隔，隔成多细胞，每个细胞含一核或二核，但是顶端的细胞皆为双核。双核中之一为雌核的子核，另一为雄核的子核。核配就在此顶端细胞内进行。许多子囊菌，如火丝菌（*Pyronema confluens*）产囊丝的顶细胞形成钩状，称为钩状体。双核在钩状体内并裂，产生四个子核。然后钩状体中生出横隔形成三个细胞，四核之一在钩状体尖端细胞内，两核在弯曲的细胞内，另一核在基部细胞中。弯曲细胞内的两核，一为雄核另一为雌核，核配发生在此细胞内。核配后的细胞即子囊母细胞。子囊母细胞中的二倍体核，经三次分裂，其中一次为减数分裂形成 8 个子核，每一子核又变成单倍体，并与周围原生质形成孢子，即子囊孢子。子囊母细胞则成为子囊。见图21。

在子囊和子囊孢子发育过程中，原来的雌器与雄器下面的细胞生出许多菌丝，它们有规律地将产囊丝包围，子是就形成了子囊果。子囊果有三种类型：一为完全封闭式，呈圆球形通称闭囊壳（图 22-1）。第二种类型多少有点封闭，但留有孔口称为子囊壳（图 22-2）。第三种类型是开口呈盘状，称为子囊盘（图 22-3）。

子囊孢子的形态有很多类型，其形状、大小、颜色、绞饰等差别很大。所以子囊孢子的特征多用来作为子囊菌的分类依据。今就本书所涉及到的种类举例如下。

（1）球形：如啤酒酵母菌、八孢裂殖酵母（*Schizosaccharomyces octosporus*）。

（2）卵形或椭圆形：如红曲霉、粪壳菌的子囊孢子，而且后者呈褐色。

（3）礼帽形：如异常汉逊氏酵母（*Hansenula anomala*）。

（4）土星形：如土星汉逊氏酵母（*Hansenula saturnus*）。

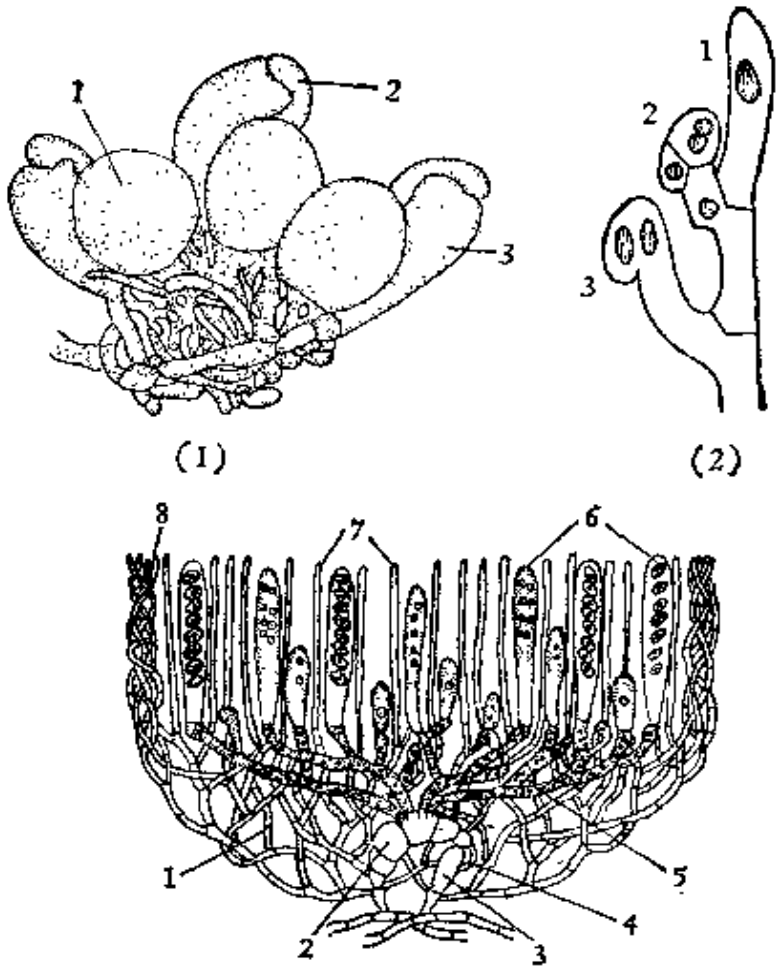


图 21　火丝菌形成子囊孢子的示意图

(1) 雄器与产囊器：1. 产囊器　2. 受精丝　3. 雄器；　(2) 产囊丝和钩状体：1. 经核配后的子囊母细胞　2. 由两个横隔隔成的钩状体　3. 菌丝顶端弯成钩状体；　(3) 子囊盘剖面：1. 营养菌丝　2. 产囊体　3. 雄器　4. 受精丝　5. 产囊丝　6. 子囊　7. 侧丝　8. 包被

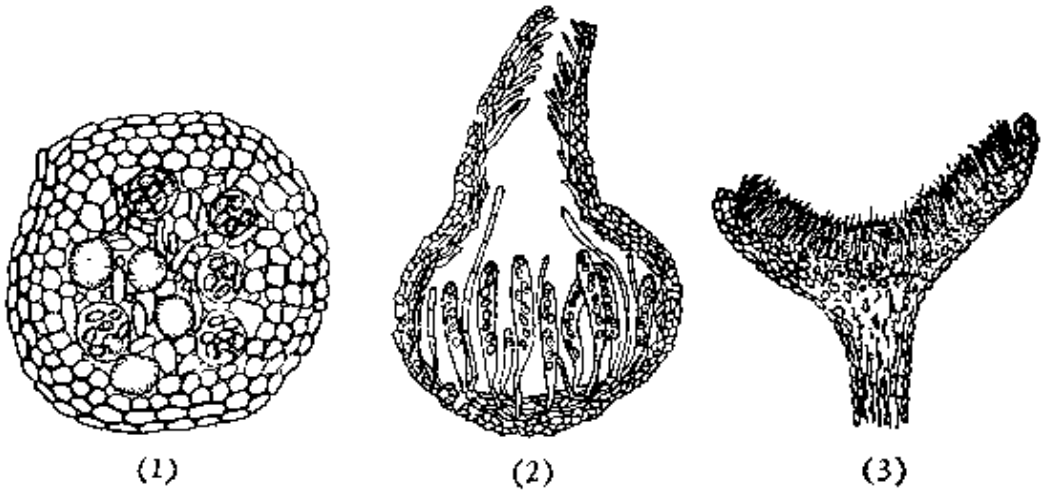


图 22　子囊菌的子实体纵剖面示意图

(1) 闭囊壳　(2) 子囊壳　(3) 子囊盘

（5）肾形：如脆壁酵母(*Saccharomyces fragilis*)、膜醭毕赤氏酵母(*Pichia membranaefaciens*)等。

（6）线形或针形：如麦角菌(*Claviceps purpurea*)、多囊霉(*Crebrothecium*)。

（7）具有赤道冠：如薛氏曲霉（*Aspergillus chaevalieri*）。

（8）其它：如德巴利酵母(*Debaryomyces*)，孢子为球形，但是表面有痣点；脉孢霉的子囊孢子有的带有环纹；小麦赤霉菌即禾谷镰刀菌（*Gibberella saubinetti*）的子囊孢子由四个细胞组成；稻恶苗病赤霉菌（*Gibberella fujikuroi*）的孢子则由 2 个细胞组成。上述各类型子囊孢子见图 23。

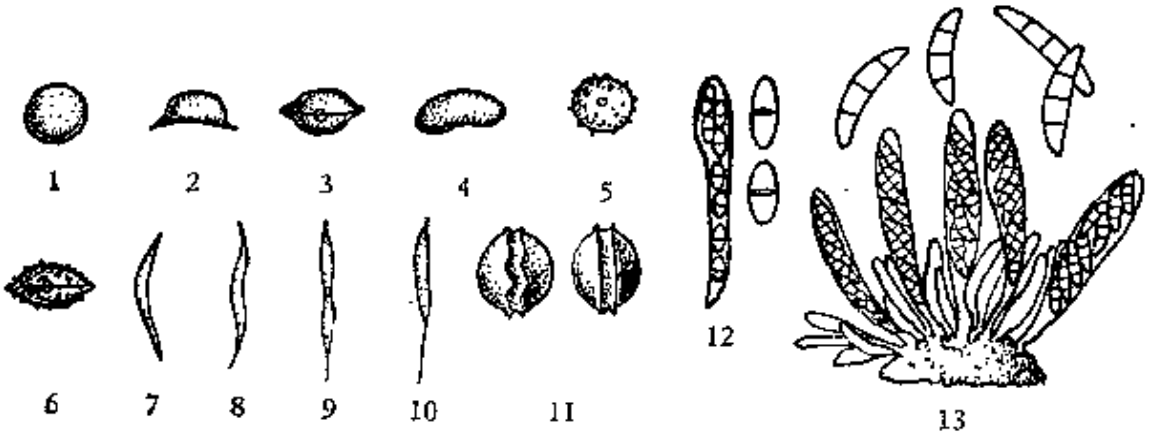


图 23　子囊菌中各种类型的子囊孢子

1. 球形　2. 礼帽形　3. 土星形　4. 肾形　5. 球形痣面　6. 卵形，具中央突起，痣面　7. 镰刀形　8. 弓形　9. 针形　10. 针形具鞭毛　11. 双凸镜形，具赤道冠　12. 子囊孢子由二个细胞组成　13. 子囊孢子由 4 个细胞组成

担孢子　担孢子是担子菌独有的特征。它是一种外生孢子，经过两性细胞核配合后产生的。因为它们着生在担子上，所以称为担孢子。前面介绍锁状联合时，曾提到担子菌有双核菌丝，担子则起源于双核菌丝的顶细胞。在顶细胞内，两核配合后，形成一个二倍体核，此核经过二次分裂，其中一次为减数分裂，于是产生四个单倍体的子核，这时顶细胞膨大变成担子。然后担子生出四个小梗，小梗顶端稍微膨大，四个小核分别各进入四个小梗内，此后每核各发育成一个孢子，即担孢子。典型的担子菌的担子上都有四个担孢子。其形成的过程见图 24。

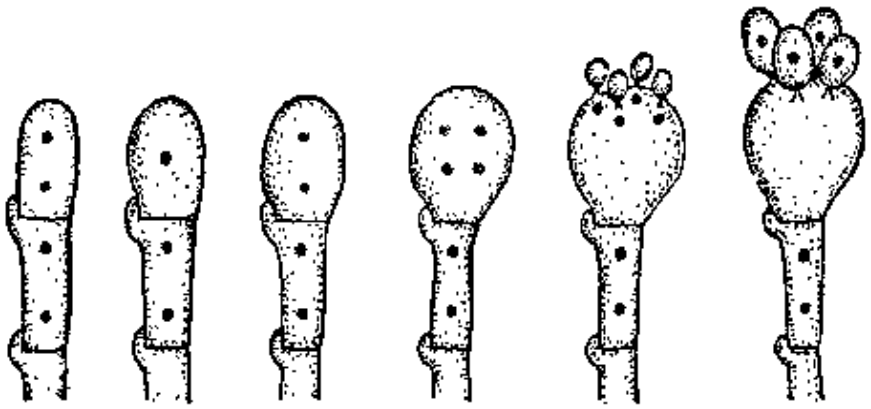


图 24　担子菌担孢子形成过程示意图

担子的形状多半为棍棒状，但是构造也不一致，如银耳（*Tremella*）的担子具有纵分隔，分成四个细胞。木耳（*Auricularia*）的担子为横分隔，也分成四个细胞。其它高等担子菌，如蘑菇、猴头、马勃等其担子都是棒状的单细胞。所以担子菌根据它们所产生的担子有无分隔而分成两个亚纲。

担孢子的形态比子囊孢子花样少，大都是圆形、椭圆形、肾形或腊肠形，无色或浅粉红色乃至淡棕色。担孢子都是单细胞、单核，而且是单倍体。

(III)真菌的生活史

以上介绍了各类真菌所产生的各式各样有性和无性孢子，那么在它们生活循环中，有性生殖与无性繁殖是如何有机地联系起来而完成它们的生活史呢？下面举几个例子加以说明。

[例一]寄生水霉（*Saprolegnia parasitica*）的生活史：此菌是藻状菌纲，水霉目（Saporlegniales）的代表。它们生活在水中腐烂的动植物残体上，也有寄生在鱼卵或小鱼上的。这类菌常给渔业带来危害。

水霉的菌丝体为管状的分枝。它们常形成类似根状的分枝附着在基物上。水霉无性繁殖是在菌丝顶端产生棒形的孢子囊，其中生游动孢子，成熟后由孢子囊顶端的小孔释放出大量带有顶生

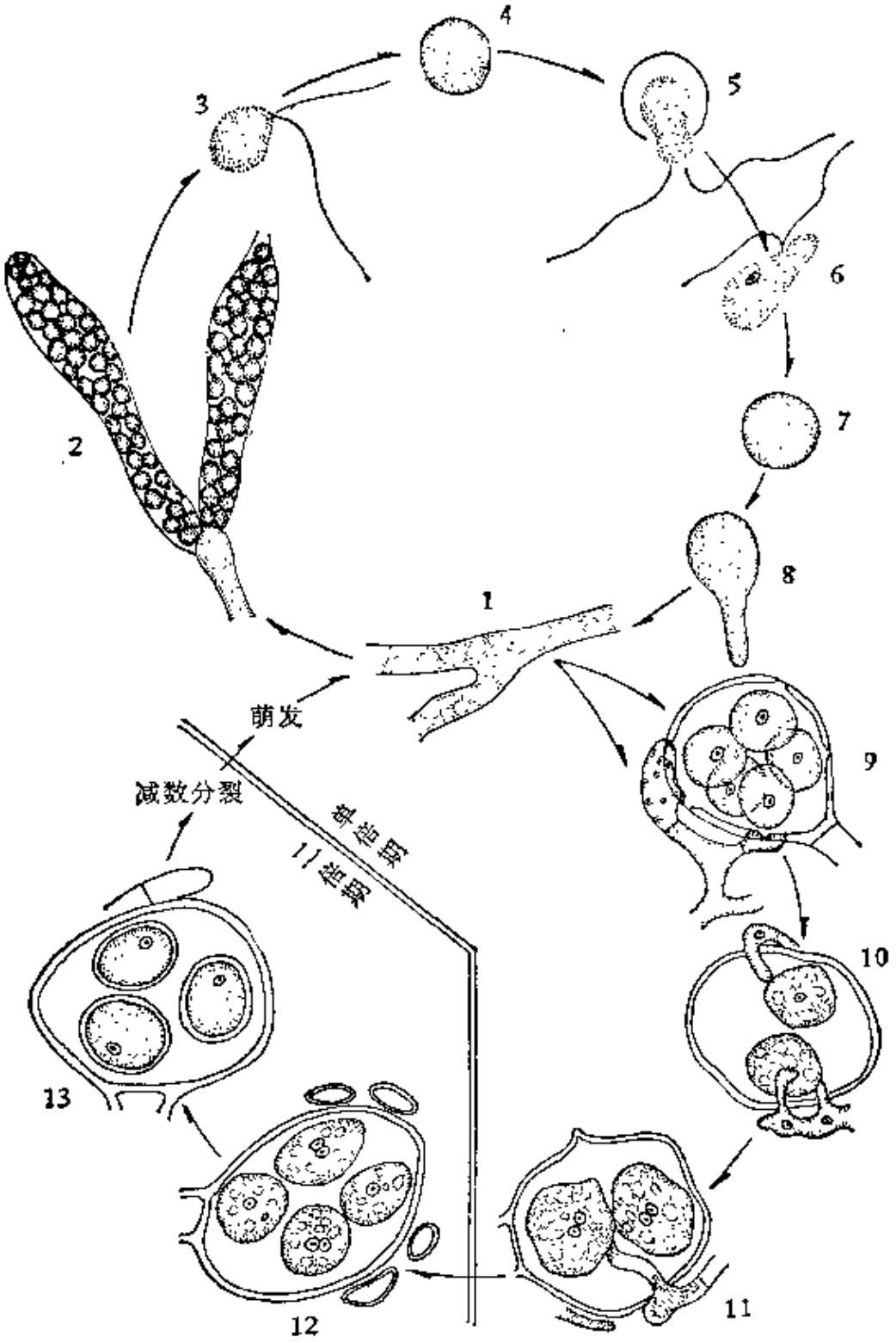


图25　水霉的生活史

1. 菌丝　2. 孢子囊　3. 初生游动孢子　4. 静止体　5. 萌发　6. 次生游动孢子　7. 静止体　8. 萌发　9. 雄器与藏卵器　10. 授精管的穿入　11. 质配　12. 核配　13. 卵孢子

二根鞭毛的梨形游动孢子，游动片刻后停止活动，鞭毛消失，外生细胞壁，成为圆形的静止体。几小时后又萌发成肾形游动孢子，二根鞭毛着生在侧面凹腰处，孢子再次游动。这种由一种形式的游动孢子，经休止后变为另一种游动孢子的现象，称为“两游现象”。二次游动后又形成静止体，然后萌发成菌丝。

有性生殖时在菌丝顶端生藏卵器和雄器。藏卵器中有数个卵球，雄器通过受精管与卵球进行质配和核配，此后发育成卵孢子。卵孢子萌发又形成菌丝。如此就完成了它们的生活循环(图 25)。

[例二]匍枝根霉(*Rhizopus stolonifer*)的生活史：匍枝根霉无性繁殖是由菌丝形成孢囊梗，其顶端发育成孢子囊，囊内生孢囊孢子。成熟后，孢子囊壁破碎，散出孢囊孢子。孢囊孢子遇适宜环境又萌发成菌丝。有性生殖通过“+”、“−”两系菌丝各自所形成的配子囊相互结合后产生接合孢子。在接合孢子萌发过程中行减数分裂，并形成芽管破壁而出，而且芽管伸长后，其顶端可直接形成孢子囊，内生孢囊孢子。孢子萌发又成菌丝(图 26)

[例三]啤酒酵母菌的生活史：在介绍子囊孢子时，曾描述过啤酒酵母菌的生活循环，在此不再重述，见图 27。

[例四]匍匐曲霉(*Aspergillus repens*)的生活史：这个菌的菌丝由多细胞组成，细胞为多核。无性繁殖由管状菌丝体分化出分生孢子梗，梗的顶端稍微膨大而成顶囊，上边着生单层小梗，由小梗顶端产生分生孢子。分生孢子卵形或球形，成链，成熟后脱落，遇适当环境萌发又形成菌丝。

有性生殖由营养菌丝产生雄器和产囊器。在这类菌中，两种性器官出现有趣的现象，雄器以螺旋形的方式将产囊器缠绕或包围数圈。一般认为雄器并不发生作用，而且逐渐解体，只是在产囊器中成对的核发生配合，然后生出许多具分枝的产囊丝，由产囊丝顶端细胞形成子囊。在此过程中外围形成一层细胞将子囊包围，而且与不育的产囊丝细胞共同构成疏松的闭囊壳。闭囊壳呈球形，其中子囊排列不规律。

闭囊壳内每个子囊含 8 个子囊孢子。子囊壁成熟后易消解，

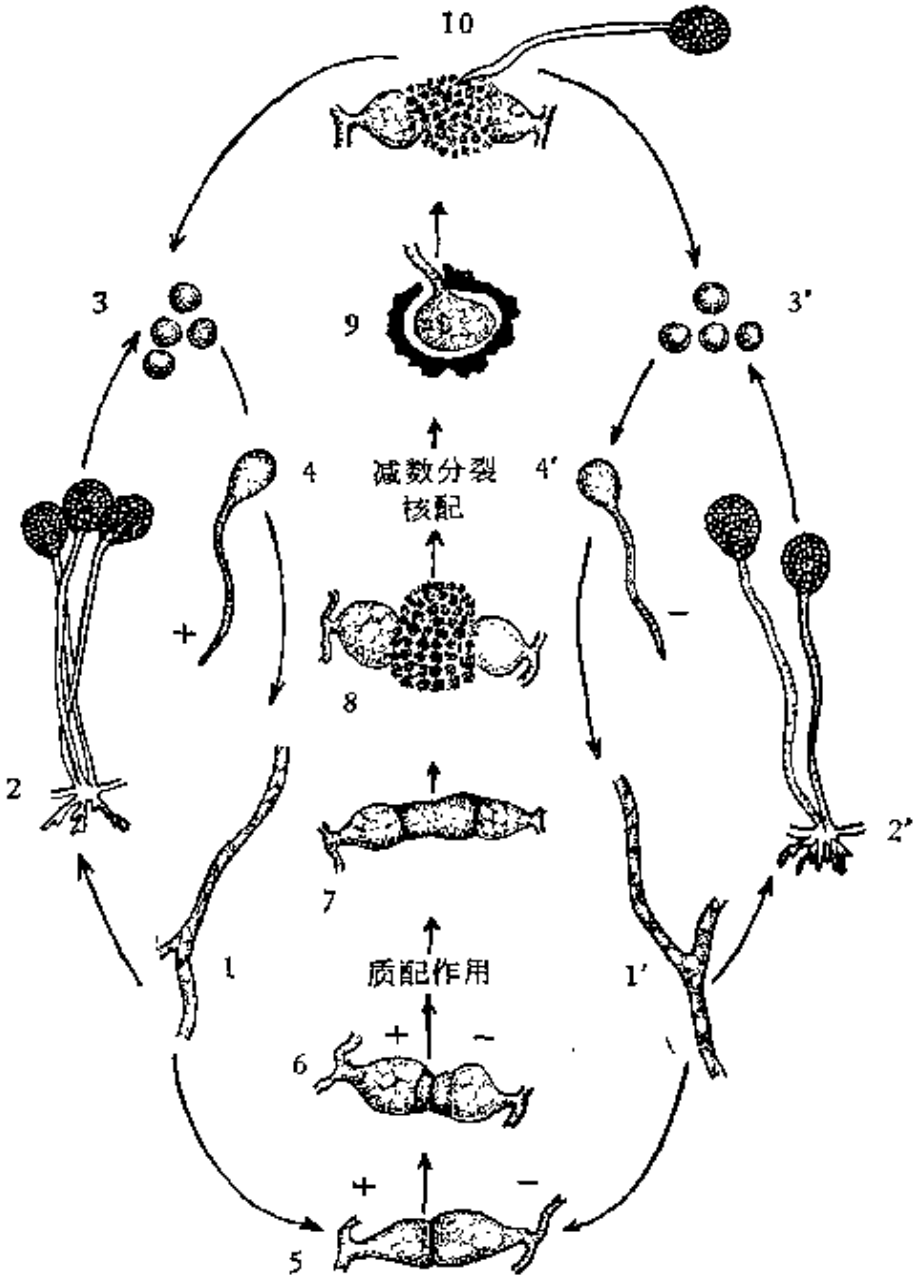


图 26　佩枝根霉的生活史

1. 菌丝　2. 假根、孢囊柄和孢子囊　3. 孢囊孢子　4. 孢囊孢子萌发　5. 原配子囊　6. 配子囊　7. 幼接合孢子　8. 成熟接合孢子　9. 接合孢子萌发　10. 芽生子囊

因而在壳内留下分散的子囊孢子。子囊孢子遇适宜环境萌发后又形成菌丝(图 28)。

[例五]烟色红曲霉(*Monascus fuliginosus*)的生活史：烟色红曲霉菌丝的每个细胞都含有多核。菌丝体常有联结现象。它们行无性繁殖时，在菌丝或其分枝的顶端直接产生分生孢子。分生孢

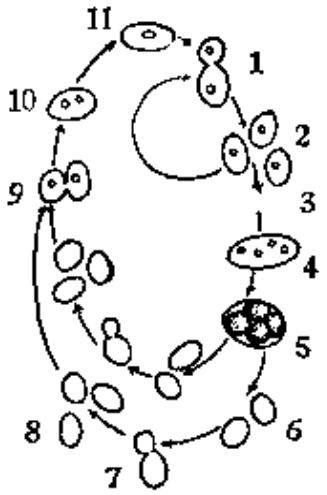


图 27　啤酒酵母的生活史

1. 芽殖　2. 二倍体细胞(2N)　3. 减数分裂　4. 幼子囊
5. 成熟子囊　6. 子囊孢子　7. 芽殖　8. 营养细胞(N)
9. 结合　10. 质配　11. 核配

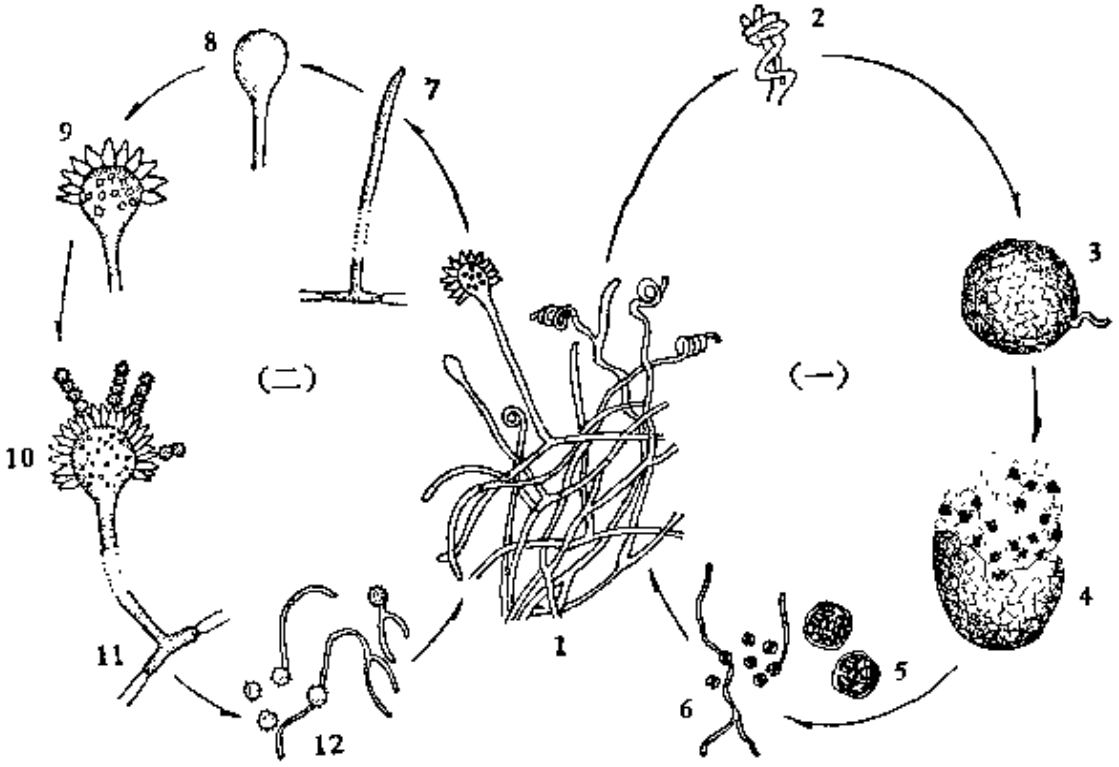


图 28　匍匐曲霉的生活史示意图

(一)有性繁殖;　(二)无性生殖

1. 菌丝体　2. 雄器与产囊器　3. 闭囊壳　4. 闭囊壳破裂,内有子囊及子囊孢子　5. 子囊及子囊孢子　6. 子囊孢子萌发　7—9. 分生孢子梗、顶囊、小梗的形成　10. 分生孢子头　11. 足细胞　12. 分生孢子萌发

子单生或二至数个成链，一般为梨形，内含多核。分生孢子萌发后即形成菌丝。

有性生殖是在菌丝顶端或侧枝顶端首先形成一个单细胞多核的雄器。随后，在雄器下面的细胞以单轴方式又生出一个细胞，这个细胞就是原始的雌性器官，即产囊器前身。由于雌性器官的生长和发育而将雄器向下推压，使雄器与柄托呈一定角度。这时雌性器官在顶部又发生一隔膜，分成两个细胞，顶端的细胞为受精丝，另一细胞即产囊器，二者都含有几个细胞核。当受精丝尖端与雄器接触后，接触点的细胞壁解体产生一孔。雄器内的细胞质和核，通过受精丝而进入产囊器内。此时只行质配，而细胞核则成对排列，并不结合。与此同时，在两性器官下面生出许多菌丝将其包围，形成初期的闭囊壳。壳内的产囊器膨大，并长出许多产囊丝。每个产囊丝形成许多双核细胞，核配于此时发生，经过核配的细胞即子囊母细胞。每个子囊母细胞中的核经三次分裂，形成 8 个核，每核发育成一个单核的子囊孢子。子囊母细胞即变成子囊。故每个子囊都含 8 个卵形的子囊孢子。这时闭囊壳已发育成熟，其中子囊壁消解，子囊孢子成堆地留在壳内。当闭囊壳破后，散出子囊孢子。子囊孢子萌发后又成为多核菌丝(图 29)。

〔例六〕木耳（*Auricularia auricula*）的生活史：木耳的子实体，是由具锁状联合的双核菌丝所组成，外观呈耳状，富有胶质。子实体底面有一层由担子和担孢子所构成的子实层。幼小的双核担子即双核菌丝的顶细胞，其中两核配合后即行分裂，同时担子也形成三横隔，隔成四个细胞，每个细胞都生出小梗，梗上各生一个肾形担孢子。担孢子萌发，或生成菌丝，或形成分生孢子，由分生孢子萌发再生成菌丝。最初生出的菌丝是多核，随后形成横隔，把菌丝分成为单核细胞，称为初生菌丝。两个单核细胞结合后形成一个双核细胞，并且通过锁状联合方式发育成双核菌丝，称为次生菌丝。双核菌丝的顶端细胞，又可形成担子。这样就构成了它们的生活循环(图 30)。

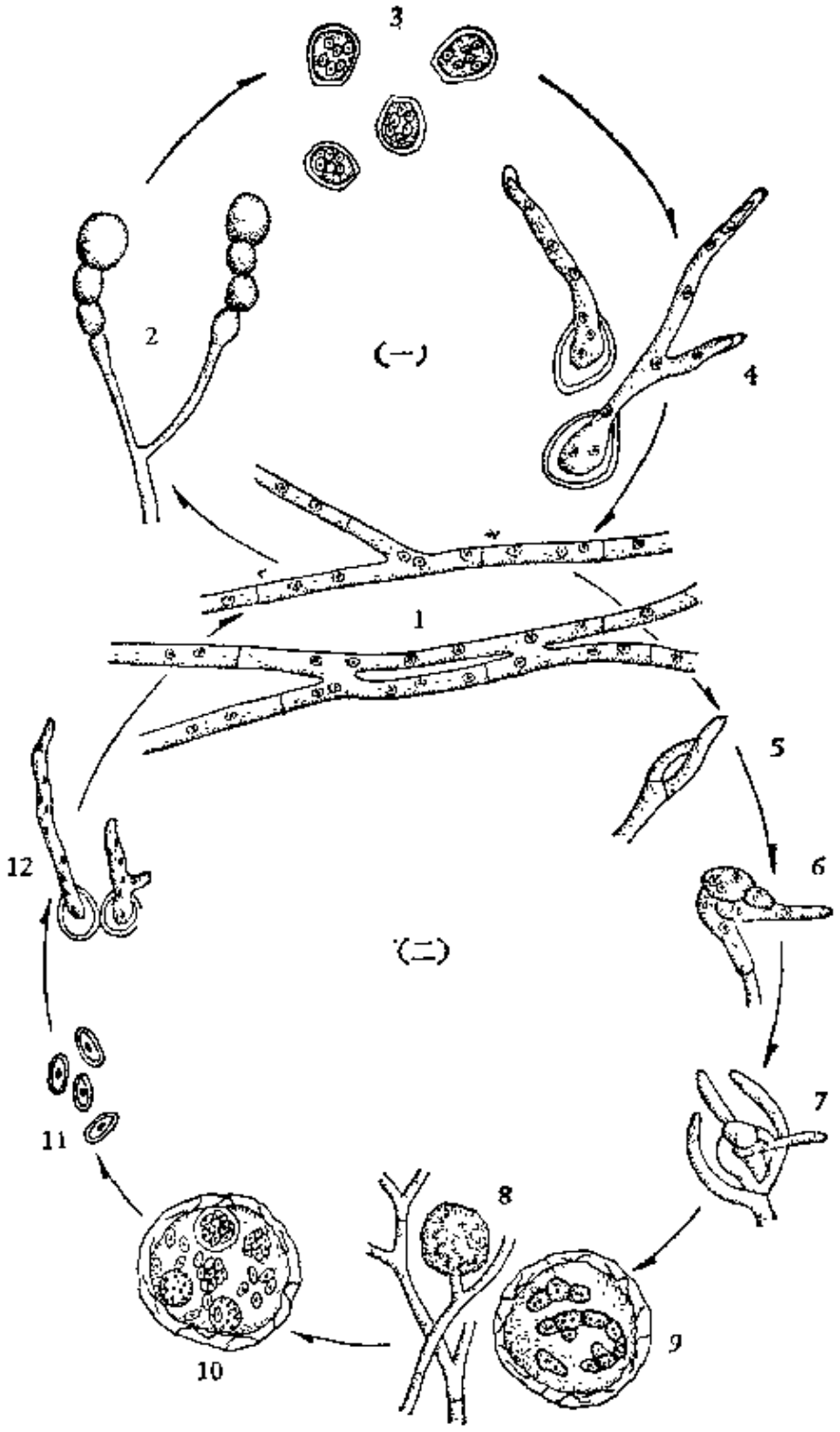


图 29　烟色红曲霉生活史示意图

(一)无性繁殖；　(二)有性生殖

1. 菌丝和菌丝的联结现象　2—3. 分生孢子梗和分生孢子　4. 分生孢子萌发　5. 雄器与产囊器　6. 受精丝的形成　7. 形成不育菌丝将雌雄二器包围　8. 原闭囊壳　9. 原闭囊壳剖面　10. 闭囊壳(剖面)　11. 子囊孢子　12. 子囊孢子萌发

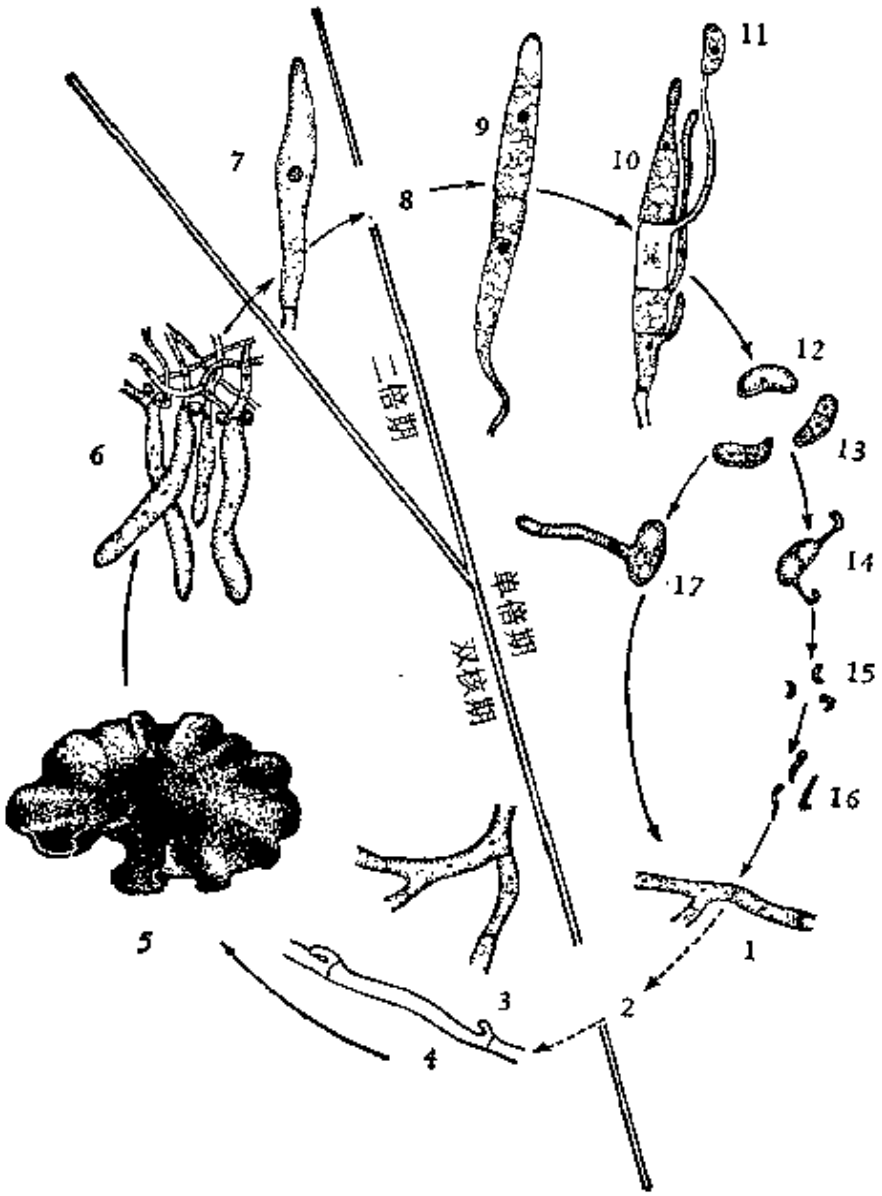


图 30　木耳的生活史

1. 单核菌丝　2. 双核化　3. 锁状联合　4. 双核菌丝　5. 担子果　6. 幼小的双核担子　7. 核配　8. 减数分裂　9. 幼担子　10. 成熟的担子　11—12. 担孢子　13. 担孢子产生横隔　14. 分生孢子　15. 分生孢子脱落　16. 分生孢子萌发　17. 担孢子萌发

III. 菌　　落

菌落相当于高等生物的群落。群落是指一群动物或植物生活在一起的总体。菌落也有类似的含意。然而菌落通常指在固体培养基上，接种某一种菌经过培养，向四周蔓延繁殖后所生成的群

体。这种群体在微生物学中称为菌落。

同一种真菌，在不同成分的培养基上生长所形成的菌落也会不同。菌落的形态通常指在固定的条件下，如温度，培养基成分等，培养一定时间（如 3 —10 天）后，所呈现的形状、大小、颜色、纹饰以及组成等。这些特征，对不同种的真菌来说，往往差异很大，因而给分类鉴定工作提供了依据。

酵母菌的菌落花样较少，一般呈油脂或蜡脂状，表面光滑、粉粒状、粗糙或皱褶、边缘整齐、缺刻或带丝状。其他真菌菌落花样甚多，尤其青霉、曲霉这两属菌的菌落更为突出，仅就菌落颜色一项而论，五颜六色，鲜艳夺目，甚至人们很难用常见的色调来描述出它们。所以往往借助于色谱来加以区别。就菌丝组成而言，又分底部菌丝体和表面菌丝体。底部菌丝体或埋伏于培养基内部，或贴附在培养基表面，并且向四周蔓延。表面菌丝体多指气生菌丝，又分几种情况：①由底部菌丝体直接生出分生孢子梗，因而其菌落形态呈丝绒状；②由底部菌丝体生出气生菌丝，再由它生出分生孢子梗，因面往往乱如一团，这样的菌落呈絮状；③部分气生菌丝扭结成索状，称为菌丝索；④分生孢子梗自底部菌丝成丛地生出，称为分生孢梗束。此外，产生于实体或菌核的菌，菌落表面呈现颗粒状。有的菌落出现同心圆，或辐射纹。许多真菌只在菌落中间部分产生分生孢子头，其边缘菌丝则不生育。颜色也逐渐变浅或逐渐消失而构成显著的边缘区。就菌落大小来说，有的种扩展到整个培养皿，而另一些种的菌落的生成，则有一定的局限性，直径 1 — 2 厘米或更小。

许多真菌由于能产生色素，致使菌落的背面也带有颜色，或更进一步分泌到培养基中去。

总之，真菌的菌落，除颜色外，其外观结构可归纳为：疏松的、紧密的、平坦的、光滑的、皱褶的、丝绒状，毡状、絮状、毛状、绳索状、蜡脂状、皮革状等。

(四)真菌的命名

人们在生产斗争和科学实验中，为了认识生物，以便掌握和利用它们，常常给不同的种类，起一些不同的名称，借助名称来区别它们，这是很自然的也是非常必要的。所以各地区或各民族，对于某种生物都有他们自己的通俗名称。俗名有其好处，在当地通用，一说皆知。但是也有缺点，即有局限性。作为生物中的一类——真菌种类甚多，估计约十万种，而且其中许多种类分布于世界各地。因而单凭俗名，很难起到交流的目的。俗名的另一缺点就是比较含糊，有时不是指一个种，而是指的一个群。为了避免混乱，世界各国搞分类，鉴定工作的人，都采用以"双名制"为基础的国际植物命名法，给生物命名，即学名。

"双名制"是瑞典植物学家林奈（Linneaus）于1753年，在其"植物的种"一文中，所介绍的植物命名原则。这种方法现在已被广泛地用于植物、动物及微生物（包括真菌）的分类中去。根据双名制的原则，一种真菌的学名，由两个字组成。第一个字表示这种真菌所归隶的"属"的名称，用拉丁文的名词，在语法上是单数第一格。第二个字是它本身的种名，在语法上是①单数第一格的拉丁文的形容词（一致定语），或②单复数第二格名词（不一致定语），或③单数，第一格名词（同位定语）。属名的第一个字母必须大写，而种名则一律小写。在印刷时，学名用斜体字，手写学名时，在下面加以横线。实际上正式学名还要在种名后面，加上给这个种命名的人的姓。命名人的姓，一律用正体字。此外，常有对某人表示敬意，而将他的姓订为某一菌的属名或种名。以下举几例加以说明。（1）总状毛霉 *Mucor racemosus* Fresenius 第一个字是毛霉属，第二个字是"总状分枝"的意思，所以中译名叫"总状毛霉"，第三个字是命名人的姓。（2）膜醭毕赤氏酵母 *Pichia membranaefaciens* Hansen 属名是一个人名，即意大利搞真菌的 P. Pich，种名原意是膜醭形的，因为它是一种酵母菌，所以中译名为膜醭毕赤氏酵母。

（3）文氏曲霉 *Aspergillus wentii* Wehmer，属名原意是一种用具——帚，由于这类菌常出现在我国或东亚的曲子内，所以译为"曲霉属"，种名是荷兰一位研究真菌的人，即 Went 的姓。

此外也有用地名来命名的，例如"华根霉" *Rhizopus chinensis* Saito，其种名即指中国，又如"大连酵母" *Saccharomyces dairensis* Naganishi 种名指我国的大连。关于植物病原菌，常根据寄主命名，如引起棉花炭疽病的毛盘孢 *Colletotrichum gossypii* Southw. 种名即棉花属，故称"棉炭疽病毛盘孢"。在分类学中常有这种情况，即将某一种菌由一个属移到另一属去，比较恰当，如热带假丝酵母 *Candida tropicalis* (Cast.) Berkhout 最初 Castellani 把它列入粉孢霉属，即叫"热带粉孢霉"*Oidium tropicalis* Castellani，以后 Berkhout 认为这个种列入假丝酵母属更合适，所以括号内的人，是最初给这个菌命名的人，而括号后面的人，即修改后的人（Cast. 即 Castellani的缩写）。如果命名人是两个人，则二人的姓用连接词 et 相联一起列出，例如焦曲霉 *Aspergillus ustus*(Bain.) Thom et Church。

国际命名原则中还规定了一种真菌只能有一个属名和种名，如果一种菌的生活史，有有性阶段和无性阶段，按有性阶段所起的名称是合法的。如半知菌类中的真菌，只知道其无性阶段，因而它们的命名都是根据无性阶段的特征而定的。如果发现其有性阶段时，正规的名称应该是有性阶段的名称。实际上，某些真菌的有性和无性阶段的名称都已经知道，但是在一般情况下不产生有性器官，因此，从现实出发，给无性阶段一个独立的名称，也是完全必要的，因为在这种情况下只能根据它们的无性阶段的形态来鉴别它们。事实上现在有些子囊菌无性阶段的名称已经通用，曲霉属中的菌就是很好的例子。

众所周知，生物分类系统上通用的单位是：门、纲、目、科、属、种。属以上的单位都有一定的词尾。门的词尾是 -phyta；纲的词尾是 -mycetes；目的词尾是 -ales；科的词尾是 -aceae。有时还有亚纲、亚目、亚科的单位，它们的词尾分别是 -mycetidae、-ineae、

-oideae。以下用啤酒酵母为例加以说明。

门：真菌门　Eumycophyta

　纲：子囊菌纲　Ascomycetes

　　亚纲：原子囊菌亚纲　Protoascomycetes

　　目：内孢霉目　Endomycetales

　　科：内孢霉科　Endomycetaceae

　　亚科：酵母亚科　Saccharomycetoideae

　　属：酵母属　*Saccharomyces*

　　种：啤酒酵母　*S. cerevisiae* Hansen

门、纲、目、科等的名称首字要大写，而且不印成斜体字。

以上零碎的很不系统地介绍了一点命名法的常识。事实上自从林奈创建双名制后，二百多年来，曾召开过一系列国际植物学会议，对命名的问题进行讨论和修改，直到1905年在维也纳召开的国际植物学会上，经过长时间的讨论后，于1906年才出版了“国际植物命名法规”。1930年正式将“模式法”列入命名法规的条例中。所谓“模式法”就是每建立一个新种，除必须有拉丁文描述以外，还必须保存其模式标本或菌种，如此，这个种不仅有文字描述还有实物作根据。此后又有多次会议进行修改和补充，1966年第十次会议中有更进一步的修改。尽管如此，但是命名上仍然有混乱现象。

必须指出，国际命名法规是很不完善的，而且复杂烦琐，此处介绍的目的，使大家知道，在国际上有命名法规的制度。此外，为了洋为中用和便于进行国际交流，认识和掌握各种真菌为社会主义建设所利用，我们了解命名法是必要的。

二、常见与常用的真菌

本书共引用了常见与常用真菌 83 个属，为了便于彼此比较和区别，现采用双叉式检索表将它们一一区分。此检索表只适用于本书范围之内，仅供参考。

本书所引常见常用真菌分属检索表

1. 菌体若是裸露的单细胞，无菌丝体时，生殖方式不是芽殖；如有菌丝体，通常无分隔…… 2
   菌体若是裸露的单细胞时，无性繁殖为芽殖；如有菌丝体都具有分隔…… 18
2. 无性繁殖时形成游动孢子，有性生殖为休眠孢子或卵孢子…… 3
   无性繁殖时形成孢囊孢子或分生孢子，有性生殖产生接合孢子…… 6
3. 游动孢子具单一鞭毛……节壶菌属（*Physoderma*）
   游动孢子具双鞭毛……4
4. 菌丝中间非常规律地缢缩，形成菌丝节；未发现卵孢子……
   ……节生霉属（*Leptomitus*）
   菌丝中间无缢缩，不呈节状；有性生殖产生卵孢子……5
5. 没有孢囊梗的分化；寄生或腐生……腐霉属（*Pythium*）
   孢囊梗高度分化；专性寄生菌……单轴霉属（*Plasmopara*）
6. 孢子囊都有囊轴……7
   孢子囊无囊轴，如有同时也有小型孢子囊……13
7. 孢子囊壁薄，易消失；孢囊孢子由囊壁破裂或溶化而分散……8
   孢子囊壁上部角质化，孢子囊强力射散……
   ……水玉霉属（*Pilobolus*）
8. 孢囊梗不分枝或分枝，分枝不卷曲，顶端都有孢子囊……9
   孢囊梗有卷曲的分枝，主枝顶端无孢子囊……
   ……卷霉属（*Circinella*）
9. 孢囊梗着生在匍匐枝的节处与假根对生……根霉属（*Rhizopus*）
   孢囊梗着生在假根之间的匍匐菌丝上…… 10
   孢囊梗直接由菌丝体生出，无匍匐菌丝与假根……11

10. 孢子囊梨形……犁头霉属（*Absidia*）
孢子囊球形……放射毛霉属（*Actinomucor*）
11. 配囊柄上无附属丝，孢囊梗无金属光泽……12
配囊柄上有附属丝，孢囊梗有金属光泽……须霉属（*Phycomyces*）
12. 二配子大小相同，自菌丝上形成……毛霉属（*Mucor*）
二配子大小差异甚大，自孢囊梗上形成……
……接霉属（*Zygorhynchus*）
13. 孢子在圆柱形孢子囊中成行排列……14
孢子在孢子囊中不成行排列……15
14. 孢囊梗呈总状或聚缴状分枝……共头霉属（*Syncephalastrum*）
孢囊梗呈双叉状分枝……头珠霉属（*Pipfoocephalis*）
15. 孢子囊内无囊轴或只有很退化的囊轴，接合孢子被很厚的不育菌丝所包围……被孢霉属（*Mortierella*）
孢子囊内有囊轴，接合孢子不被很厚的不育菌丝所包围……16
16. 孢子囊与小型孢子囊着生在同一孢囊梗上……
……枝霉属（*Thamnidium*）
孢子囊与小型孢子囊不着生在同一孢囊梗上……17
17. 具有孢子囊、小型孢子囊；无分生孢子……
……布拉氏霉属（*Blakeslea*）
具有孢子囊和分生孢子；无小型孢子囊……
……笄霉属（*Choanephora*）
具分生孢子；无孢子囊和小型孢子囊……
……小克银汉霉属（*Cunninghamella*）
18. 有性生殖形成子囊孢子，内生于子囊中；无性繁殖为芽殖或为分生孢子……19
有性生殖形成担孢子，外生于担子上；无性繁殖为分生孢子，然而不常见……33
有性生殖未知，无性繁殖为分生孢子或菌丝断片……50
19. 菌体多为单细胞，菌丝体退化或仅少数种类产生菌丝体；子囊裸露，不产生子囊果……20
形成发达的菌丝体；子囊着生在子囊果内……25
20. 无真正菌丝体；有发达或不发达的假菌丝体；营养细胞只芽殖而不裂殖……21
具有真正菌丝体；营养细胞裂殖或兼芽殖……23
21. 子囊孢子有凸线，呈帽形……汉逊氏酵母属（*Hansenula*）
子囊孢子无凸线，非帽形……22

22. 子囊孢子半圆形、多角形兼有圆形；细胞长柱形或卵形……
……毕赤氏酵母属（*Pichia*）
子囊孢子有痣点；细胞圆形或短广椭圆形……
……德巴利氏酵母属（*Debaryomyces*）
子囊孢子卵形或圆形，光滑；细胞圆形、卵形或长形……
……酵母属（*Saccharomyces*）
23. 子囊孢子圆形或卵形……裂殖酵母属（*Schizosaccharomyces*）
子囊孢子非圆形或卵形……24
24. 子囊孢子纺锤形且有尾鞭，排列成束……阿舒氏囊霉属（*Ashbya*）
子囊孢子棍棒状，一端尖细、无尾鞭，不规律地散生……
……多囊霉属（*Crebrothecium*）
25. 子囊果为闭囊壳，无孔口……26
子囊果为子囊壳，有孔口……27
26. 闭囊壳外无附属丝……红曲霉属（*Monascus*）
闭囊壳外有一定形状的附属丝……白粉菌属（*Erysiphe*）
27. 子囊散生于子囊壳内……长喙壳属（*Ceratocystis*）
子囊成束或成层地生于子囊壳内……28
28. 子囊果有孔口，纵裂或成熟后不规则地开裂……29
子囊果开口很大，呈盘状；子实层在孢子成熟前就裸露在外，子囊果有柄生于地面上……羊肚菌属（*Morchella*）
29. 子囊壳散生或簇生……30
子囊壳生于子座内……32
30. 子囊壳壁炭质……脉孢菌属（*Neurospora*）
子囊壳壁膜质……31
31. 子囊壳上有附属丝，尤其上部最多而密集……
……毛壳菌属（*Chaetomium*）
子囊壳裸露或仅有稀疏的附属丝……粪壳菌属（*Sordaria*）
32. 寄生于禾本科植物的子房中……麦角菌属（*Claviceps*）
寄生于昆虫体内……虫草属（*Cordyceps*）
33. 担子具分隔……34
担子无分隔……38
34. 担子果发育良好……35
无担子果，子实体是一堆冬孢子……36
35. 担子具横隔，长柱状；小梗侧生……木耳属（*Auricularia*）
担子具纵分隔；小梗顶生……银耳属（*Tremella*）
36. 冬孢子产生在菌丝顶端……37

冬孢子以厚垣孢子方式形成……黑粉菌属(*Ustilago*)
37. 冬孢子无柄，成层……层锈菌属（*Phakopsora*）
冬孢子通常有柄……双胞锈菌属（*Puccinia*）
38. 有子实层，在孢子成熟前即裸露……39
无子实层，担子果闭合，成熟时包被上部裂开……
……秃马勃属（*Calvatia*）
39. 子实层自始裸露……40
子实层初期被菌幕覆盖，成熟后全部裸露……44
40. 子实层生于向下的刺或齿上……猴头属（*Hericium*）
子实层生于管孔的壁上……41
41. 管孔多成层……层孔菌属(*Fomes*)
管孔不成层或为单层……42
42. 菌盖膜质或革质，担子果平伏……卧孔菌属（*Poria*）
菌盖肉质至木栓质、干后坚硬，担子果有柄……43
43. 担子果木生、木质或木栓质……灵芝属（*Ganoderma*）
担子果木生或土生，肉质或近似肉质……多孔菌属（*Polyporus*）
44. 子实层由管孔组成……牛肝菌属（*Boletus*）
子实层由菌褶组成……45
45. 柄偏生或近中生……香菇属（*Lentinus*）
柄中生……46
46. 孢子无色或近似无色……47
孢子暗紫褐色……伞菌属（*Agaricus*）
47. 菌柄与菌盖相连……48
菌柄易与菌盖分离……49
48. 菌柄肉质至纤维质……口蘑属（*Tricholoma*）
菌柄脆骨质或具脆骨质皮层……长根菇属(*Collybia*)
49. 有菌托，无菌环……包脚菇属(*Volvaria*)
有菌托和菌环……鹅膏属（*Amanita*）
50. 分生孢子梗和分生孢子生在分生孢子器内或分生孢子盘中……51
分生孢子梗和分生孢子既不生在分生孢子器又不生在分生孢子盘
中……53
无分生孢子，只有菌丝或成团的真菌细胞……
……丝核菌属（*Rhizoctonia*）
51. 分生孢子梗和分生孢子生在球形或椭圆形的分生孢子器中……
……茎点霉属（*Phoma*）
分生孢子梗和分生孢子生在分生孢子盘中……52

52. 分生孢子盘具有黑色刚毛(刺)……
……毛盘孢属(*Colletotrichum*)
分生孢子盘无刚毛……
……盘圆孢属(*Gloeosporium*)
53. 菌丝体极少或没有，通常以芽殖繁殖……54
菌丝体发达，以分生孢子繁殖，仅少数芽殖……56
54. 假菌丝发达甚至有真正菌丝……
……假丝酵母属(*Candida*)
无假菌丝，或偶尔有原始的假菌丝……55
55. 产生红色类胡萝卜素，菌落红色……
……红酵母属(*Rhodotorula*)
不产生红色类胡萝卜素，菌落乳白色……
……球拟酵母属(*Torulopsis*)
56. 分生孢子梗散生，既不成束又不形成分生孢子座……57
分生孢子梗成束或并列成分生孢子座……70
57. 分生孢子梗或分生孢子无色或具明亮的颜色……58
分生孢子梗或分生孢子暗褐色或黑褐色……66
58. 分生孢子单细胞……59
分生孢子由二个细胞组成……
……单端孢霉属(*Trichothecium*)
59. 分生孢子梗与营养菌丝无区别，菌丝断裂成节孢子……
……地霉属(*Geotrichum*)
分生孢子梗短，单生或簇生，有时基部膨大；菌丝不断裂成节孢子
……白僵菌属(*Beauveria*)
分生孢子梗长与营养菌丝有显著区别……60
60. 分生孢子梗如果分枝多局限于顶端……61
分生孢子梗分枝不局限于顶端……65
61. 分生孢子成簇……62
分生孢子成链……63
62. 分生孢子梗单生，不分枝……
……头孢霉属(*Cephalosporium*)
分生孢子梗顶端分枝……
……木霉属(*Trichoderma*)
63. 分生孢子梗顶端膨大成顶囊……
……曲霉属(*Aspergillus*)
分生孢子梗顶端呈帚状分枝……64

64. 孢子着生在环孢子梗上，孢子具有基环和孔……
……帚霉属 (*Scopulariopsis*)
孢子着生在呈一定的帚状轮生小梗上……
……青霉属 (*Penicilliuu*)
孢子着生在成轮或散生的小梗上，顶端细长略弯曲……
……拟青霉属 (*Paecilomyces*)
孢子包围在粘质中……
……胶霉属 (*Gliocladium*)
65. 分生孢子梗呈轮状分枝，孢子簇生或单生……
……轮枝孢属 (*Verticillium*)
分生孢子梗呈各样分枝，有时略呈轮状分枝，孢子单生……
……瘤孢菌属 (*Sepedonium*)
66. 分生孢子为单细胞……67
分生孢子由两个以上细胞组成……68
67. 孢子着生在菌丝体的各部(芽孢子)……
……短梗霉属 (*Aureobasidium*)
孢子着生在梗的顶端小梗上……
……葡萄状穗霉属 (*Stachybotrys*)
孢子以出芽繁殖，形成有分枝的孢子链……
……枝孢霉属 (*Cladosporium*)
68. 孢子具有 2 — 4 个横隔，弯曲，中间一细胞膨大，暗色……
……弯孢霉属 (*Curvularia*)
孢子具有 4 个以上横隔，略弯曲或不弯曲……
……蠕孢菌属 (*Helminthosporium*)
孢子呈壁砖状分隔……69
69. 分生孢子呈链……交链孢霉 (*Alternaria*)
分生孢子不呈链……匍柄霉属 (*Stemphylium*)
70. 分生孢子梗成束……
……矛束孢属 (*Doratomyces*)
分生孢子梗常并列成分生孢子座……71
71. 菌丝和孢子无色或淡色，大分生孢子由多细胞组成，小分生孢子多为单细胞……镰刀菌属 (*Fusarium*)
菌丝无色，孢子暗色，分生孢子座由无色纤细的菌丝所围绕，孢子长卵形，单细胞……72
72. 寄生或腐生……漆斑菌属 (*Myrothecium*)
寄生于昆虫上……绿僵菌属 (*Metarrizium*)

酵母菌类在鉴定方法上更多地采用生理性状而与其他真菌有所不同，下面有必要将它们(包括本书没有引用的属)单独列一检索表。再者酵母分类系统近十年来也和过去一样，因各学者之观点不同而有不同的系统，新的属种不断增加。但以娄德(Lodder, 1970)的较为全面详细，所以本书仅介绍她的系统，共39属，372种。其中不包括阿舒氏囊霉属(*Ashbya*)、多囊霉属(*Crebothecium*)和地霉属(*Geotrichum*)。在这39属中包括了其它一些常用常见的有经济价值的酵母。

酵母各属检索表

1. 无性繁殖为裂殖，以生隔膜分裂为二个细胞，而不是芽殖……裂殖酵母属(*Schizosaccharomyces*)
   无性繁殖是在梗上形成细胞……梗孢酵母属(*Sterigmatomyces*)
   以其它方式进行无性繁殖……2
2. 一端芽殖……瓶形酵母属(*Pityrosporum*)
   二端芽殖……3
   多边芽殖，有真菌丝，或有节孢子，掷孢子……6
3. 不发酵葡萄糖……裂芽酵母属(*Schizoblastosporion*)
   发酵葡萄糖……4
4. 有子囊孢子……5
   无子囊孢子……克(勒克)氏酵母属(*Kloeckera*)
5. 孢子帽形(运动帽)……魏克汉氏酵母属(*Wikerhamia*)
   孢子圆(或有窄边)，光滑，透明，或成对结合……类酵母属(*Saccharomycodes*)
   孢子圆，痣面，棕色……纳逊氏酵母属(*Nadsonia*)
   孢子帽形、钢盔形或球形，带有明显的突起，孢子不成对结合……有孢汉逊氏酵母属(*Hanseniaspora*)
6. 有掷孢子……7
   无掷孢子……9
7. 有锁状联合……锁合掷孢酵母属(*Sporidiobolus*)

无锁状联合……8
8. 掷孢子不对称，有胡萝卜素……
……掷孢酵母属(*Sporobolomyces*)
掷孢子对称，无胡萝卜素……
……布氏掷孢酵母属 (*Bullera*)
9. 营养细胞为三角形……三角酵母属 (*Trigonopsis*)
营养细胞非三角形……10
10. 细胞有的为尖形(一端略尖)可由葡萄糖强烈地产酯酸，有特殊香气，在麦芽汁琼脂上生长缓慢 ……11
细胞无尖形……12
11. 有子囊孢子……德克氏酵母属 (*Dekker*)
无子囊孢子……酒香酵母属 (*Brettanomyces*)
12. 有子囊孢子……13
无子囊孢子……28
13. 同化硝酸盐……14
不同化硝酸盐……16
14. 细胞形成一管状子囊，其末端之球形区域内形成帽形子囊孢子…
……管囊酵母属 (*Pachysolen*)
子囊非管状……15
15. 孢子球形，痣面……固囊酵母属 (*Citeromyces*)
孢子帽形或土星形……
……汉逊氏酵母属(*Hansenula*)
……亦见拟内孢霉属 (*Endomycopsis*)
16. 子囊为母细胞上之囊状突起，孢子为浅琥珀色……
……油脂酵母属 (*Lipomyces*)
子囊与 *Lipomyces* 不同……17
17. 有大量真菌丝和芽细胞……
……拟内孢霉属 (*Endomycopsis*)
真菌丝少或无……18
18. 孢子针形，孢子 1 — 2 个……
……梅氏酵母属 (*Metschnikowia*)
孢子镰刀形，孢子二个以上……19
孢子大，卵至柱形，30—40°C生长，要求复杂的培养基并需气态二氧化碳，仅在兔子消化道和某些啮齿动物中发现……
……复膜孢子酵母属 (*Saccharomycopsis*)
孢子球形至卵形，痣面，中部具有凸起……

……许旺氏酵母属 (*Schiwaniomyces*)

孢子形状与上述不同……20

19. 孢子具有鞭状附着物……

……针孢酵母属 (*Nematospora*)

孢子无鞭状附着物……

……球囊酵母属(*Coccidiascus*)

20. 成熟时子囊容易破裂……21

成熟时子囊不易破裂……23

21. 孢子圆形或卵形……22

孢子帽形或土星形……毕赤氏酵母属 (*Pichia*)

孢子肾形……克鲁弗氏酵母属 (*Kluveromyces*)

22. 强发酵葡萄糖……克鲁弗氏酵母属 (*Kluveromyces*)

发酵葡萄糖弱、慢或无……毕赤氏酵母属 (*Pichia*)

23. 孢子圆或卵形……24

孢子大、长方形、角钝……娄德氏酵母属 (*Lodder myces*)

孢子扁圆、至椭圆或扁豆状，浅棕色……温氏酵母属 (*Wingea*)

孢子帽形、土足形、其凸起用普通光学显微镜容易看到……

……毕赤氏酵母属 (*Pichia*)

24. 强发酵葡萄糖……25

发酵葡萄糖慢弱或无……26

25. 麦芽汁中容易形成醭……毕赤氏酵母属 (*Pichia*)

麦芽汁中不易形成醭……酵母属 (*Saccharomyces*)

26. 孢子光滑……毕赤氏酵母属 (*Pichia*)

孢子皱面……27

27. 形成子囊前立即接合……德巴利氏酵母属 (*Debaryomyces*)

形成子囊前不立即接合……毕赤氏酵母属 (*Pichia*)

28. 多边芽殖，基部宽，同时有隔膜；无节孢子，无冬孢子……

……卵孢酵母属 (*Oosporium*)

多边芽殖，有真菌丝和节孢子；无冬孢子……

……丝孢酵母属 (*Trichosporon*)

多边芽殖，可形成真菌丝；无节孢子，可能有冬孢子……29

29. 有芽细胞、假菌丝、真菌丝或二者都有，无冬孢子……31

有芽细胞、真菌丝和冬孢子；锁状联合有或无，假菌丝有或无……30

30. 菌落粉红色，有胡萝卜素，不发酵……

……红色冬孢酵母属 (*Rhodosporidium*)

菌落无色素，可发酵……白色冬孢酵母属 (*Leucosporidium*)

31. 菌落粉红或黄色，不发酵……32
菌落无色素，可发酵……34
32. 同化肌醇……隐球酵母属（*Cryptococcus*）
不同化肌醇……33
33. 不形成类淀粉化合物……红酵母属（*Rhodotorula*）
形成类淀粉化合物……酵母状外子囊菌属（*Yeast-like forms of Taphrina*）
34. 常有芽细胞和假菌丝，可能有真菌丝……
……假丝酵母属（*Candida*）
无假菌丝或仅有原始型假菌丝，无真菌丝……35
35. 同化肌醇，不发酵……隐球酵母属（*Cryptococcus*）
不同化肌醇，可发酵……球拟酵母属（*Torulopsis*）

（一）藻状菌纲（PHYCOMYCETES）

藻状菌是真菌中最小的一纲，估计 200 余属，1500 多种。除最原始的属种仅呈简单的单细胞外，其他都有菌丝体。菌丝体多为管状，通常无横隔，然而有分枝，在产生生殖器官、受机械损伤或衰老的菌丝上生横隔。菌丝直径较大。无性繁殖时，孢子大都内生于孢子囊中。有性生殖为配子或配子囊交配，然后形成休眠孢子、卵孢子或接合孢子。藻状菌又分为单鞭毛菌、双鞭毛菌和无鞭毛菌三个组。

I. 单鞭毛菌组（Uniflagellatae）

它是藻状菌中最原始的类型，菌体多为单细胞，菌丝体不发达。它们的共同特征是游动孢子或配子都具有单一鞭毛，这一组菌中主要的一目是壶菌目（Chytridiales）。

壶菌目(Chytridiales)

节壶菌科(Physodermataceae)

节壶菌属(*Physoderma* Wallroth)

这属菌所有的种都是寄生菌。它们侵害高等植物的组织，然而不引起寄主组织的膨大。在寄主组织内的菌丝能产生大量休眠孢子。休眠孢子球形或椭圆形。休眠孢子萌发时产生具单鞭毛的游动孢子。孢子囊罕见，如果存在，它是由游动孢子直接形成，而不是由菌丝产生。

玉蜀黍节壶菌(*Physoderma maydis* Miyabe)

此菌侵害玉蜀黍，在寄主组织内形成近圆形，一面稍扁平有盖的休眠孢子。春季休眠孢子从腐烂的寄主组织中散出。萌发时内部原生质膨胀，将盖顶开，同时分裂成游动孢子，通过盖的孔口游出。游动孢子有一根鞭毛，在寄主表皮上游动一个时期后，停止活动，产生细胞壁，并且侵入寄主。在寄主细胞内产生小圆形的囊下泡和假根，吸收养料。在寄主外部的菌体，膨大形成孢子囊。孢子

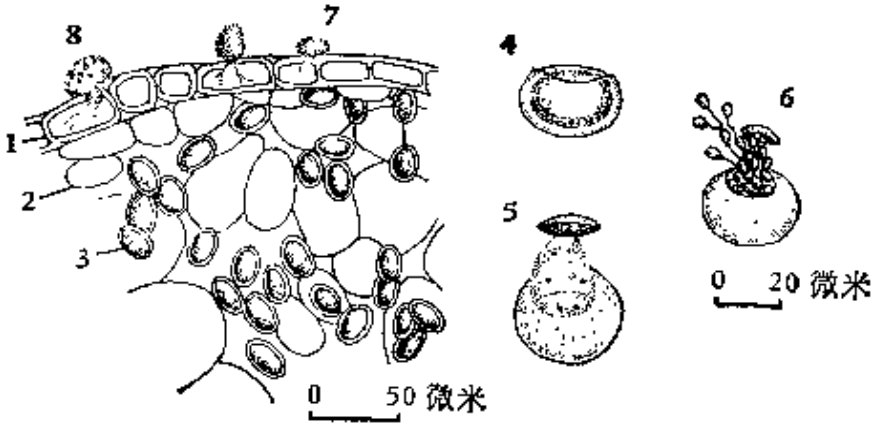


图 31 玉蜀黍节壶菌

1. 寄主表皮细胞 2. 寄主内部细胞 3. 休眠孢子 4. 休眠孢子放大 5. 休眠孢子萌发 6. 游动孢子逸出 7. 侵入寄主 8. 囊下泡，假根和孢子囊

囊内产生游动孢子，其形状与休眠孢子所产生的游动孢子相似，但是较小，也具有单一鞭毛。这些游动孢子可能再度侵入寄主，也可能就是配子。通过两个配子交配后形成合子再侵入寄主。在寄主组织内产生根状菌丝和膨大的细胞，此膨大的细胞变圆，壁加厚即为休眠孢子。由它度过冬天。休眠孢子的大小一般20—26×19—24 微米(图 31)。

此菌是害菌，引起玉蜀黍褐斑病。多侵害玉蜀黍的叶鞘，叶或秸杆等细胞，尤其叶鞘处最多。外观呈褐色斑点，斑点直径 1—5 毫米。

II. 双鞭毛菌组(Biflagellatae)

这类菌的游动孢子具有两根鞭毛。其有性生殖是由配子囊结合进行的。配子囊分化成大小容易辨别的雄器与藏卵器。雌、雄配子囊接合后产生卵孢子。无性繁殖由孢子囊产生游动孢子。

节生霉目(Leptomitales)

节生霉科(Leptomitaceae)

节生霉属(*Leptomitus* Agardh)

菌丝为圆筒状，其顶端的直径较附着在基物上一端的直径小。在菌丝中间，有非常规律地、较深的缢缩的间隔，因而使菌丝构成一定长度的节。菌丝的分枝由缢缩的间隔下方生出。呈单轴式二叉分枝。该菌一个主要特征就是由菌丝的顶节相继地以向基的(即由上而下)方式，由每节各形成孢子囊，内生具有双鞭毛的游动孢子。孢子囊顶端有侧生孔口，游动孢子从孔口游出。经游泳，休止后，变为另一型的游动孢子，再休止，然后萌发又形成菌丝。它们的有性孢子即卵孢子尚未发现。

乳节生霉〔*Leptomitus lacteus* (Roth)Agardh〕

基节坚同，直径达 48 微米，枝节直径 8—16 微米，节的长度约 400 微米，孢子囊柱状，由菌丝节稍微膨大而成；初生游动孢子洋梨形，直径 10.5—11 微米，次生游动孢子具双鞭毛(图 32)。

乳节生霉通常栖居在被有机物质所污染的水中，特别是由糖厂、酿造厂或造纸厂等排出的废水所流入的江河中。它们往往形成容易察觉的、非常稠密的丝状团絮，其面积有时大的惊人。

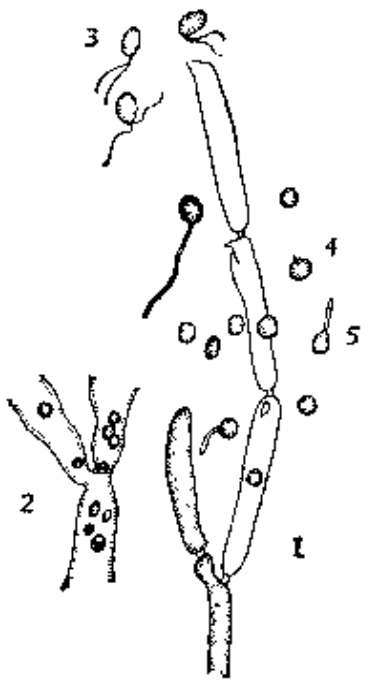


图 32　乳节生霉

1. 圆筒状菌丝，菌丝节，孢子囊　2. 菌丝内有孢子和颗粒，缢缩处无隔膜　3. 游动孢子　4. 静止体　5. 孢子萌发

我国嫩江某地造纸厂附近的江段中，曾有这类菌的菌丛定居在江底。它们大都集中连片，如棉絮状，初为乳白色，老后黄褐色。当老熟后自溶或被分解时放出硫化氢的臭味。被污染的水由于乳节生霉和其他微生物，如缺刻丝细菌（*Ceptothrix sideropous*）的生长，而消耗大量的氧。加之污水水流内悬浮物很多，水质混浊不透明，妨碍藻类的光合作用，使藻类繁殖受到限制，因而不能再向水中补充氧气。更甚者冬季水面结冰隔绝大气向水中补充氧，于是造成了极度缺氧状态，使鱼类窒息而死，对渔业带来危害。也有人将这类菌作为污水的指示菌。

霜霉目(Peronosporales)

(Ⅰ)腐霉科(Pythiaceae)

腐霉属(*Pythium* Pringsh)

菌丝体在培养基(如葡萄糖、马铃薯、琼脂)上或瓜果上集生时

呈雪白绒毛状，很象棉花；在显微镜下无色透明，无隔多核，自由分枝。孢子囊有管状或膨大的管状及球状两类（图 35 及 38）。没有孢囊梗的分化。孢子囊成熟后产生游动孢子或芽管。在条件适合时，孢子囊上很快生出一个球形的、象肥皂泡似的泡囊，孢子囊里的内含物迅速流入泡囊，然后分化成游动孢子；游动孢子成熟时泡囊破裂，孢子四散；游动孢子常为肾形，在腰凹处生两根助游的鞭毛（图 33）。有性生殖产生藏卵器和雄器，配合时雄器内的细胞核和细胞质由授精管转入藏卵器内，然后在藏卵器内形成厚壁的卵

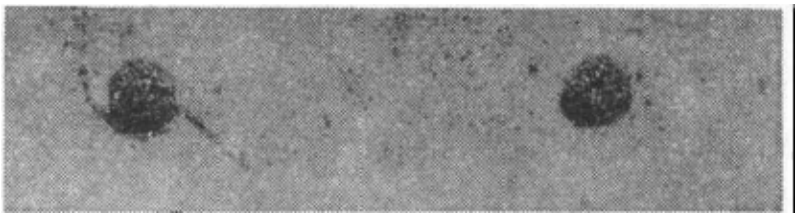


图 33　腐霉的游动孢子——具双鞭毛

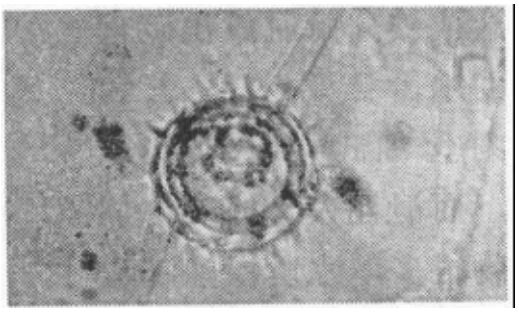


图 34　具栗果刺状藏卵器壁的腐霉

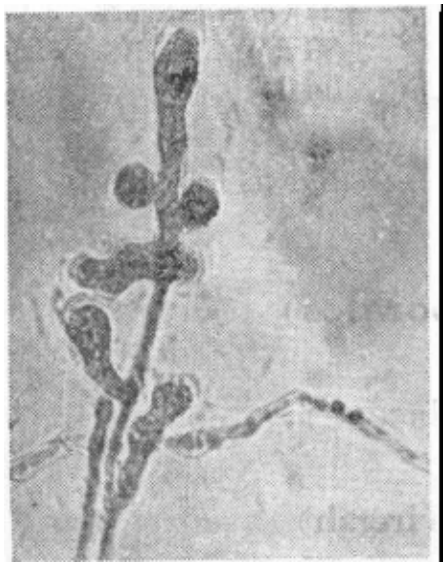


图 35　瓜果腐霉的孢子囊

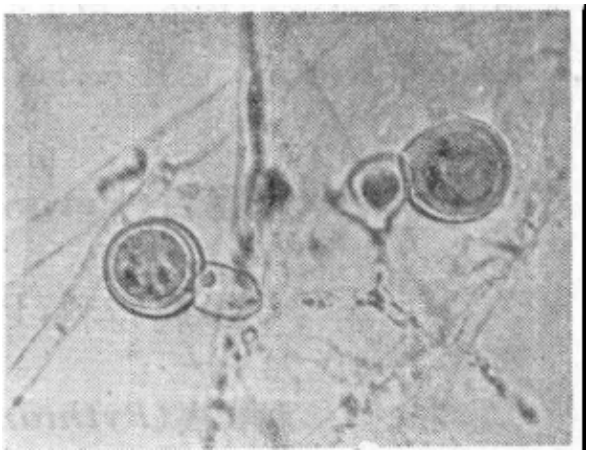


图 36　瓜果腐霉的雄器、藏卵器及卵孢子

孢子。藏卵器多为球形，壁光滑(图 36 及 37)或具突起物(图 34)。卵孢子多单生，壁厚而光滑或具网纹，球形。

腐霉在习性上有水生的、两栖的、陆生的、腐生的和兼寄生的各种类型。这类菌在富于有机质的潮湿的菜园、苗床、温室土壤中特别丰富。它在雨季中常常引起各类作物的根腐、脚腐、绵腐、黄化以及蔬菜、林木等幼苗的猝倒病等。

腐霉对于六碳糖中的甘露糖、葡萄糖、果糖，蔗糖及淀粉等都能较好地利用；而对五碳糖（如木糖、阿拉伯糖等）一般利用都不好。除游离氮和亚硝酸盐外，其他的氮化物(如硝态氮、铵态氮、有

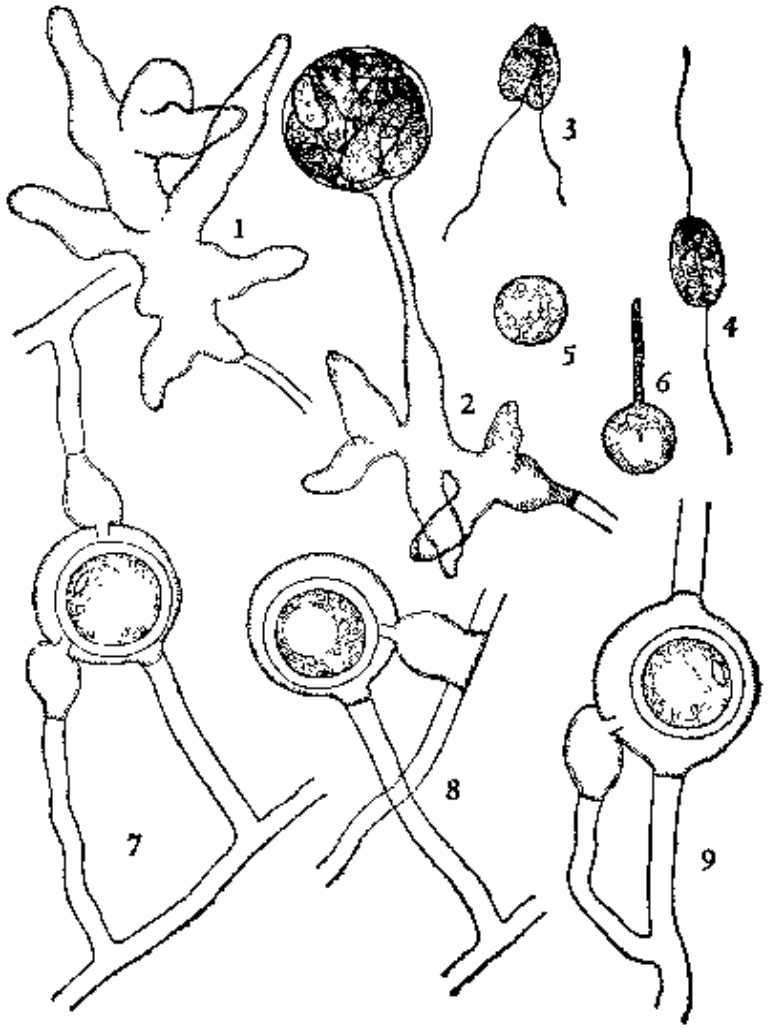


图 37　瓜果腐霉的形态

1. 孢子囊　2. 游动孢子在孢子囊所产生的泡囊中形成　3—4. 游动孢子　5. 游动孢子休止　6. 休止游动孢子萌发生芽管　7. 附有两个雄器的藏卵器，其中有一厚壁卵孢子　8. 雌雄异丝　9. 雌雄同丝

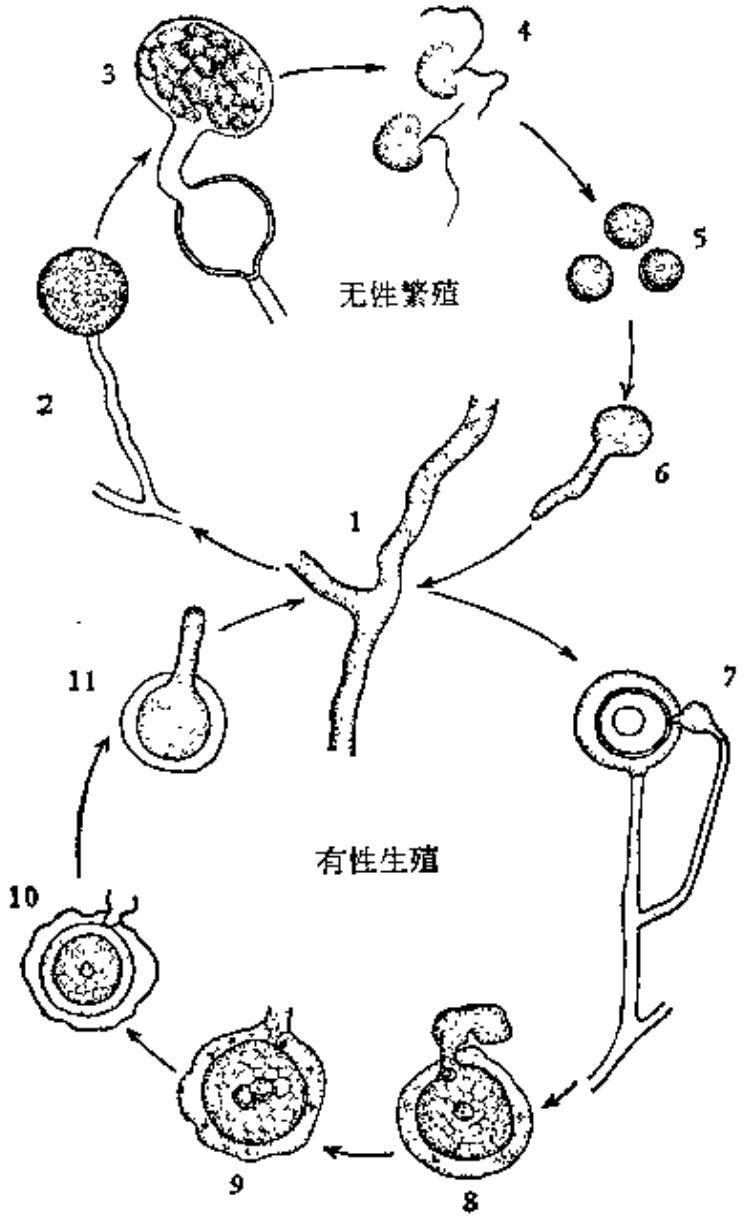


图 38　德巴利腐霉的形态特征和发育循环

1. 营养菌丝　2. 孢子囊　3. 泡囊　4. 游动孢子　5. 游动孢子休止
6. 萌发　7. 雄器和藏卵器　8. 质配　9. 核配　10. 卵孢子　11. 萌发

机氮）都可作为它的氮源。它能以硝酸钠为氮源合成 15 种以上的氨基酸，其中以丙氨酸和赖氨酸最为丰富。腐霉对无机硫和有机硫都能利用。腐霉自己能合成生物素、烟碱酸、叶酸、泛酸、吡哆醇、核黄素、对-氨基苯甲酸以及抗坏血酸等维生素，但有一部分腐霉却不能合成硫胺素。

腐霉能分泌果胶酶、纤维素酶等多种酶类。有的腐霉还能够转换甾族化合物。在生物学基础理论研究方面，如从水生到陆生、

从腐生到寄生的演化途径、生理特性和系统发育的关系等各方面，腐霉常作为一类比较理想的对象而被研究、被重视。

腐霉属全世界已知者约有 90 种，我国已报道近 40 种。

瓜果腐霉〔*Pythium aphanidermatum*(Eds.)Fitz.〕

菌丝宽 2.5—6.9 微米。孢子囊为膨大的管状，多分枝或不分枝，有时由膨大的、裂片状菌丝形成较复杂的孢子囊丛，长24—625微米或更长，宽 4.9—14.8 微米；泄管长短不等；每一孢囊中含游动孢子 6—25个或更多；游动孢子肾形，13.7—17.2×12—17 微米，具二根侧生鞭毛。藏卵器球形，充滑，顶生，少数间生，直径 22—31 微米。雄器桶形、圆顶形、近球形或宽棒形；典型地间生，间或顶生；雄器与藏卵器异丝生或同丝生；每一藏卵器附有 1—2 个雄器，授精管明晰。卵孢子球形，光滑，悬空于藏卵器内，直径 13—23 微米(图 35、36 和 37)。

在我国此菌分布很广，除黑龙江、宁夏、新疆、西藏等省尚无报道外，其余各省均有分布。它们在各种土壤内，从地面至 15 厘米深处都有存在。土壤中含水量高，有机质多，菌的生长就好。在土壤中最少可存活 4 年以上。侵染植物的菌大都来自土壤中。

瓜果腐霉在一般培养基上生长都很良好。菌丝生长的最高温度为 41°C，最低为 12°C，最适为 28—36°C；孢子囊萌发的最适温度为 24—26°C；菌丝生长的最高、最低、最适酸碱度(pH 值)分别为 10.7、2.5 和 6.1。此菌能侵染瓜类、豆类、薯类、各种蔬菜以及棉、麻、蔗、麻、甜菜、油桐等约 100 种栽培植物，引起各种腐烂和猝倒病。

此菌除分泌丰富的果胶酶外，还能产生纤维素酶等，也是教学上常用的典型代表真菌之一。

德巴利腐霉(*Pythium debaryanum* Hesse)

菌丝较细，直径 3.3—6.6 微米，老时常生横隔。孢子囊球形至卵形，直径17—25(平均21.3)微米，顶生或间生；萌发时常生芽管，

间或也产生游动孢子。藏卵器光滑，球形，顶生或间生，直径 14—25（平均 20.9）微米。雄器同丝生或异丝生都有，每一藏卵器附有1—5个雄器。卵孢子球形，光滑，悬空于藏卵器内，直径13—21（平均 14.1）微米（图 38）。

此菌分布在河北、湖北、安徽。它们腐生在土壤内，或寄生于多种植物上引起各种病害（已报道能侵染 230 种植物）。

德巴利腐霉菌丝生长的最高、最低、最适温度分别为 36°C、1°C 和 24—28°C。

此菌被广泛的用作研究各类生物学性状和生命现象等的代表性真菌之一。

(II) 霜霉科(Peronosporaceae)

霜霉科的菌都是维管束植物的专性寄生菌，目前还无法在人工合成培养基上培养它们。这一科的真菌能危害多种经济植物，引起各种霜霉病，如禾谷类作物的白发病、黄化病，各种蔬菜和葡萄的霜霉病等。本科真菌的孢囊梗高度分化，常用作分属的主要根据。

单轴霉属(*Plasmopara* Schröter)

单轴霉属的菌丝在寄主植物的细胞间蔓延，以瘤形或球形吸胞伸入寄主细胞内吸取养料。孢囊梗从寄主气孔伸出，交互分枝，分枝与主干多成直角，小梗末端平钝。孢子囊卵形，具乳头状突起，孢子囊年龄一般是相似的，成熟时脱落，借风传布，萌发时常产生游动孢子。有性生殖是由雄器和藏卵器的配合而产生卵孢子，卵孢子黄褐色，表面有皱褶状突起。

葡萄生单轴霉〔*Plasmopara viticola* (Berk. et Curt) Berl. et de Toni〕

此菌危害葡萄叶片、嫩梢、花蕾、幼果等柔嫩部分，以危害叶片

为主。病菌主要产生孢子囊和卵孢子。孢囊梗成束地从寄主气孔伸出，一个气孔有 1—20 支，平均 4—6 支，长 250—850 微米，宽6—10 微米，单轴分枝 4—6 次，分枝处近于直角，分枝末端略膨大，具 2—3 个小梗；小梗长 5—10 微米，圆锥形，末端钝，孢子囊即着生于此小梗上。孢子囊单胞无色，卵形或椭圆形，顶端突起呈乳头状，12—25×11—17微米，得水后萌发生双鞭毛游动孢子。秋末于病部细胞间隙产生卵孢子。卵孢子褐色，球形，壁厚，直径 30—35 微米，萌发生芽管，在芽管顶端形成孢子囊，此孢子囊再萌发产生游动孢子（图 39）。孢子囊萌发的最适温度为 10—15°C，最低为

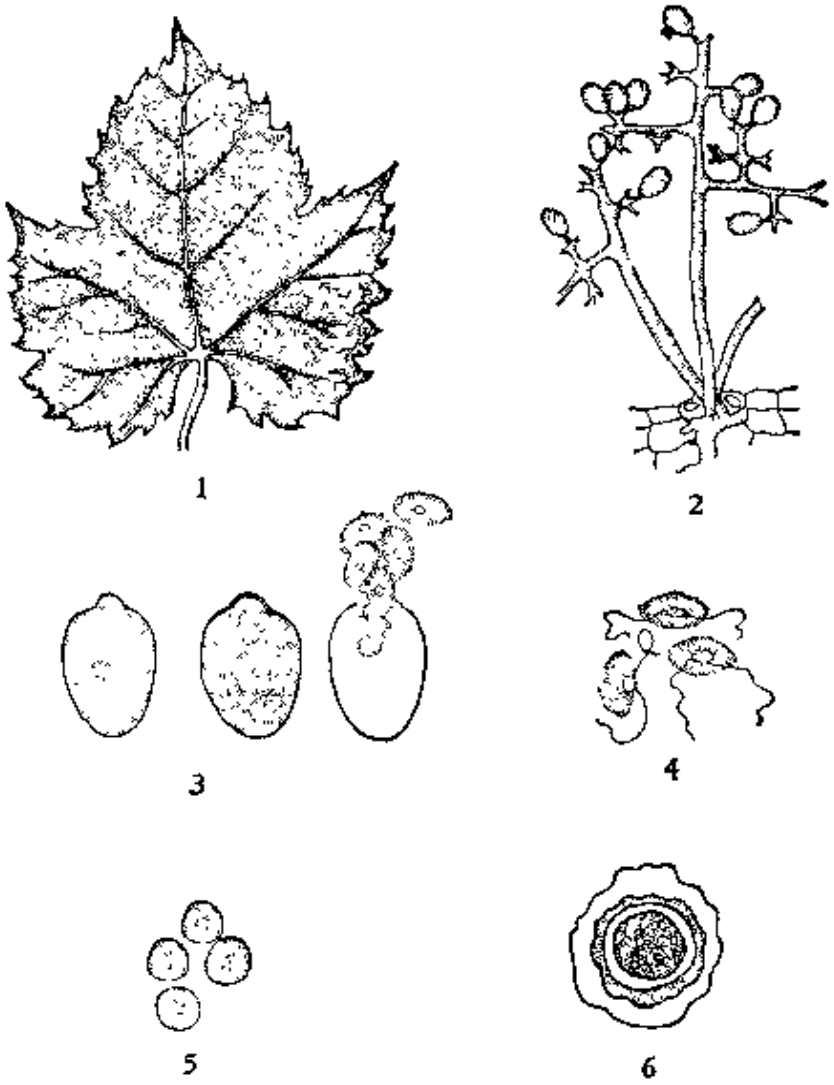


图 39　葡萄生单轴霉

1. 受害的葡萄叶　2. 从气孔伸出的孢囊梗　3. 孢子囊及其萌发
4. 游动孢子　5. 休止的游动孢子（静体）　6. 卵孢子

5°C，最高为 27°C；在 13—28°C孢子囊均能形成；孢子囊萌发须在水滴中。

葡萄生单轴霉病为欧洲葡萄的主要病害，19 世纪 70 年代由美国传入法国，引起严重灾害。1932 年法国南部各葡萄产区因此病所致减产达 50—95%，使法国整个葡萄业和酿酒业频于崩溃。目前此病已遍及世界各国。我国葡萄产区也有分布，但多在秋季发生，一般危害不严重。当病害发生之初，喷射 0.7—0.8%波尔多液或 0.25%的代森锌可以得到防治。

III. 无鞭毛菌组(Aplanatae)

这类菌的主要特征是不具备能游动的孢子。有性生殖由配子囊交配后形成接合孢子。无性繁殖产生不能游动的孢子，大部都是孢囊孢子。这个组一般分为两个目，即毛霉目(Mucorales)和虫菌目 (Entomophorales)。后者大多数为动物的寄生菌，本书不予介绍。

毛霉目(Mucorales)

(I)毛霉科(Mucoraceae)

根霉属(*Rhizopus* Ehrenberg)

根霉在培养基上或自然基物上生长时，由营养菌丝体产生弧形的匍匐菌丝，向四周蔓延。并由匍匐菌丝生出假根，再接触基物。与假根相对，向上生出孢囊梗，顶端形成孢子囊，内生孢囊孢子(图 40)。根霉的菌丝体虽然向四面八方蔓延生长，但是其菌丝内部常无横隔，只有在匍匐菌丝上形成厚垣孢子时，才发生横隔。孢子囊成熟后孢囊壁消解或成块破裂。孢子囊内，囊轴明显，球形，或近球形，囊轴基部与柄相连处成囊托。孢囊孢子球形、卵形或不规律，或有棱角，或有线状条纹，无色或浅褐色、蓝灰色等，单胞。接

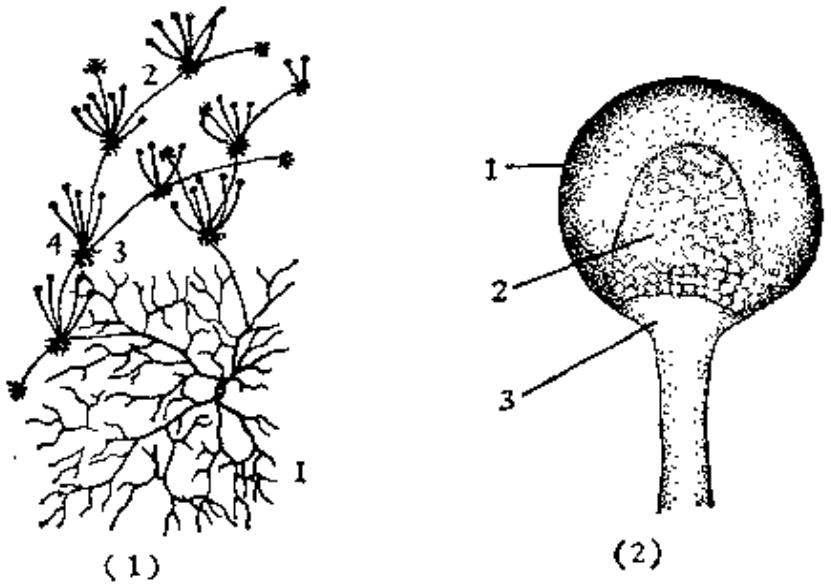


图 40 (1) 根霉生长示意图：1. 营养菌丝 2. 匍匐枝 3. 假根 4. 孢囊梗； (2) 1. 孢子囊 2. 囊轴 3. 囊托

合孢子由菌丝体或匍匐菌丝生出配子囊，并且经两个同形对生的配子囊结合而成。配囊柄上无附属物。在根霉中，除有性根霉[*Rhizopus sexualis*(Smith)Callen]为同宗配合外，目前已知的其他种都是异宗配合。可参考以前所介绍的匍枝根霉生活史(图26)。

根霉属分类的主要依据是：孢囊梗长短、成簇或单生，不分枝或分枝，直立或弯曲；孢子囊、囊轴、孢囊孢子等形状、大小，以及孢囊孢子有或没有明显的线状条纹；假根发达或不发达；有无厚垣孢子；菌丛和各结构的色泽；菌落生长情况；生长时对温度所适应的范围等。

所引的四种根霉检索表

1. 菌体各部分较小，孢囊梗长度不超过1000微米；在普氏液中 45°C 时可以生长……华根霉 (*Rhizopus chinensis*)
   菌体各部分较大，孢囊梗长度一般超过 1000 微米；在普氏液中 45°C 时不生长 …… 2
2. 假根非常发达；孢囊孢子形状不规则，长7—20微米并可达 35 微米；在普氏液中37°C时不生长……匍枝根霉(*Rhizopus stolonifer*)
   假根较发达或不发达；孢囊孢子形状较规则，一般长 4—8 微米而从不超过15微米；在普氏液中37°C时生长良好…… 3
3. 匍匐菌丝爬行；假根较发达；孢囊梗 2—4 成束，很少单生；菌丝上有

厚垣孢子 …… 米根霉(*Rhizopus oryzae*)
匍匐菌丝分化不明显；假根不发达；孢囊梗单生，较少2—3成束；
菌丝上无厚垣孢子…… 无根根霉(*Rhizopus arrhizus*)

匍枝根霉〔*Rhizopus stolonifer* (Ehrenb. ex Fr.) Vuillemin〕

异名：黑根霉(*Rhizopus nigricans* Ehrenberg)

此种分布于世界各地，在一切生霉的材料上常有它出现，尤其是在生了霉的食品上更容易找到它。此外，在土壤、空气、各种动物粪便中也常有分布。菌落初期白色，老熟后灰褐色或黑色。匍匐菌丝爬行，无色。假根非常发达，根状，褐色。孢囊梗直立，通常2—4株成束，较少单生或5—7株成束，不分枝，光滑或稍微粗糙，灰褐色到暗褐色，长500—3500(一般1500—3000)微米，直径13—42(一般20—25)微米。孢子囊球形或近球形，老熟后黑色，直径50—360(一般100—200)微米。囊轴球形、近球形、钝圆锥形、卵形、壁光滑、灰褐色，直径50—200(一般70—120)微米。或185—216×165—200微米。囊托大而明显，楔形。孢囊孢子球形、卵形、椭圆形，或其他不规则形状，多有棱角，条纹明显，灰色或略带灰蓝色，7.5—20(—35)×5.5—13微米。菌丝上一般不形成厚垣孢子。接合孢子球形，有粗糙的突起，直径150—220微米。配囊柄对生，无色，无附属物。异宗配合。此菌在37°C不能生长，于30°C生长良好。它不能利用硝酸盐，所以在察氏培养基上不能生长或生长极弱(图41)。

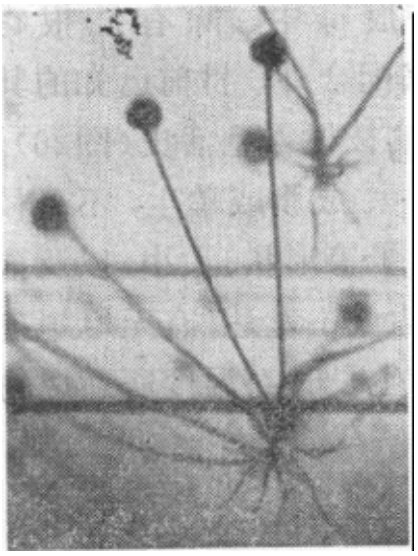


图41 匍枝根霉的假根，孢囊梗和孢子囊

华根霉(*Rhizopus chinensis* Saito)

此菌多出现在我国酒药和酒曲中。这个种耐高温，于45°C能

生长。菌落疏松或稠密，多少有点脆弱，初期白色，后变为褐色或黑色。孢囊梗通常直立、光滑、浅褐色至黄褐色，长 70—800（一般 150—500）微米，直径 4—20（一般 10—16）微米。孢子囊球形或近球形、壁光滑、灰黄褐色至黑色，直径 20—150（一般 40—80）微米。囊轴近似球形或卵圆形，通常光滑，浅褐色到黄褐色，直径 20—100（一般 30—60）微米。孢囊孢子球形或近球形，微带条纹，直径 4—7 微米。厚垣孢子球形、椭圆形，或短柱状。假根不发达，短小，手指状（图 42）。

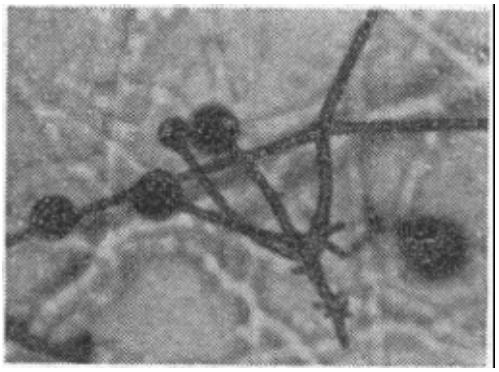


图 42　华根霉的孢囊梗，孢子囊和假根

米根霉（*Rhizopus oryzae* Went et Pr. Geerl.）

这个种在我国酒药和酒曲中常看到，在土壤、空气，以及其他各种基物中亦常见。世界各地也都有它的分布。该菌对温度适应范围介于前面两个种之间，于 37—40℃能生长。菌落疏松或稠密，最初白色后变为褐灰色到黑褐色。匍匐菌丝爬行，无色。假根发达，指状分枝或根状，褐色。孢囊梗直立或稍弯曲，2—4 株成束，较少单生或 5 株成束，有时膨大或分枝，壁光滑或粗糙，褐色，长 210—2500（一般 600—1000）微米，直径 5—18（一般 12—15）微米。孢子囊球形或近球形，壁有微刺，老后黑色，直径 60—250（一般 90—150）微米。囊轴球形或近球形或卵圆形，淡褐色，直径 30—200（一般 50—90）微米。囊托楔形。孢囊孢子拟椭圆形、球形，或其他形，有条纹及棱角，黄灰色，直径 5—8 微米，或 5—8（—13）×4—7（—11）微米。有厚垣孢子，其形状、大小不一致。接合孢子未见。

无根根霉（*Rhizopus arrhizus* Fischer）

无根根霉对温度适应范围同米根霉。菌落最初白色，后褐色。

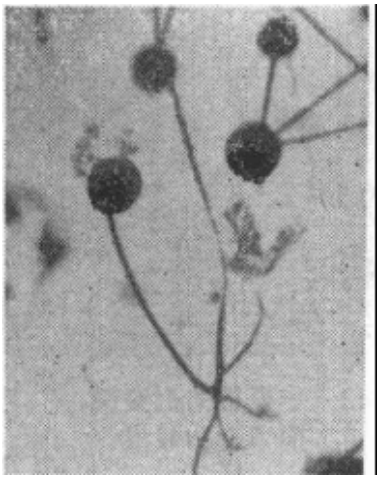


图 43　无根根霉，假根极不发达

匍匐菌丝分化不明显。假根极不发达，短指状或没有假根(图 43)。孢囊梗直立或弯曲，单生，较少 2—3 株成束，不分枝或分枝，壁光滑，淡褐色至黄褐色，有时在孢囊梗上可以有囊状膨大，长 150—2000(一般 500—1000)微米，直径 6—20(一般 8—12)微米。孢子囊球形、近球形，壁有微刺，黄褐色或暗褐色，直径 50—250 (一般 60—130) 微米。囊轴卵圆形或球形，壁光滑或少数粗糙，无色或淡黄褐色，直径 30—120 (一般 50—90) 微米。孢囊孢子球形、拟椭圆形或其他形，微带条纹，有棱角，直径 4—10 微米。或 4—7(—10)×4—6(—8) 微米。厚垣孢子形状、大小不一致。接合孢子球形，有粗糙的突起，直径 120—140 微米。配囊柄对生，无色，无附属物，异宗配合。

在资料中常看到的一些其他名称的根霉，如河内根霉 (*Rhizopus tonkinensis* Vuillemin)、结节根霉 (*Rhizopus nodosus* Namyslowski)、甘薯根霉(*Rhizopus batatas* Nakazawa)、小麦曲根霉(*Rhizopus tritici* Saito)等，其形态与米根霉非常近似，生理性状有差异，所以有人把它们归入米根霉群系中，或认为是米根霉的异名。代氏根霉〔*Rhizopus delemar* (Boidin) Wehmer et Haanzawa〕也是常见的种，而其形态与米根霉也极类似。

根霉的用途很广，在我国用它们制曲酿酒，已有悠久历史。如米根霉、河内根霉、代氏根霉等等，其淀粉酶活力相当强，多用来作糖化菌。我国最早用它们创立了淀粉发酵法生产酒精。在酿酒时，它们除具糖化作用外，还能产生少量乙醇。

华根霉、无根根霉、米根霉等都能产生乳酸，尤其米根霉产 L(+)乳酸量最强，达 70%左右。匍枝根霉、无根根霉的某些菌株可生产反丁烯二酸。匍枝根霉、米根霉、无根根霉还常用来发酵豆类和谷类食品，这三种根霉还能产生较大量的丁烯二酸。

无根根霉、代氏根霉产生脂肪酶。匍枝根霉等产生果胶酶，匍

枝根霉还常引致果瓜蔬菜等在运输和贮藏中的腐烂。甘薯的腐烂，就是由它们造成的。

华根霉、无根根霉、匍枝根霉等，都能对甾族化合物骨架第-6β和-11α位起羟化作用。尤其匍枝根霉转化孕酮为-11α羟基孕酮更具有特色，是微生物转化甾族化合物的重要真菌。

毛霉属（*Mucor* Micheli ex Fries）

毛霉的菌丝体在基物上或基物内能广泛的蔓延，无假根和匍匐菌丝。孢囊梗直接由菌丝体生出。一般单生、分枝、或较少不分枝。分枝大致有两种类型：一为单轴式即总状分枝，一为假轴状分枝，见图44。分枝顶端都生孢子囊，孢子囊球形。囊壁上常带有针状的草酸钙结晶。大多数种的孢子囊成熟后，其壁易消失或破裂，而且留有残迹，称为囊领。囊内都有囊轴，形状不一。囊轴与孢囊梗相连接处无囊托。孢囊孢子球形、椭圆形，或其它形状。单胞，大多无色，无线状条纹，壁薄而且光滑。接合孢子着生在菌丝体上，异宗配合或同宗配合。配囊柄上无附属物。某些种产生厚垣孢子。

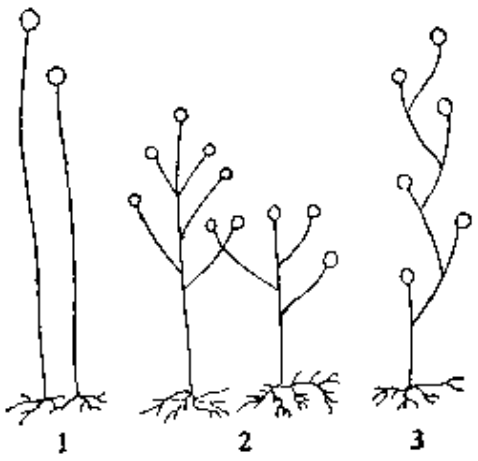


图44　毛霉属的分枝类型

1. 单柄（不分枝）　2. 总状分枝
3. 假轴状分枝

它是毛霉目中较大的一个属，约60多种。其分类所依据的标准，除假根外近似根霉。但是，毛霉孢囊梗分枝的类型，成熟时孢囊壁消解或破裂，菌落的颜色，气生菌丝的高度，接合孢子是同宗还是异宗配合都是很重要的特征。

所引的六种毛霉检索表

1. 孢囊通常不分枝，长达3—10厘米……
……高大毛霉（*Mucor mucedo*）

孢囊梗通常分枝……2

2. 孢囊梗呈总状分枝 ……
……总状毛霉(*Mucor racemosus*)
孢囊梗呈假轴状分枝……3
3. 囊轴顶部有刺状突起 ……
……刺状毛霉(*Mucor spinosus*)
囊轴顶部无刺状突起……4
4. 菌落黄红色 ……
……鲁氏毛霉(*Mucor rouxianus*)
菌落灰黄色至灰褐色……5
5. 孢囊孢子近球形、卵形或椭圆形……
4—5×5—8 微米……爪哇毛霉(*Mucor javanicus*)
孢囊孢子球形或卵形、直径 2.5—5 微米 ……
……微小毛霉 (*Mucor pusillis*)

高大毛霉〔*Mucor mucedo*(L.)Fres〕

此种分布很广，多出现在兽畜的粪便上。在培养基上的菌落，初期为白色，老后变为淡黄色，有光泽，菌丛高达 3—12 厘米，或更高。孢囊梗直立，不分枝(偶尔在基部有短小的分枝)，长度同菌丛的高度，直径 30—60 微米，壁光滑，无色。孢子囊顶生，直径 70—200 微米，幼时黄色，老后灰褐色，孢子囊壁有细刺即草酸钙结晶。成熟时孢囊壁消解。囊轴梨形、倒拟卵形至圆柱形，58—160×50—130 微米，有橙色内含物。孢囊孢子椭圆形或近短柱形，长为宽的一倍，3—11×6—19 微米，光滑，无色或暗黄色。接合孢子球形，直径 90—250 微米，黑色，疣刺明显。配囊柄对生，无色，无附属物。异宗配合(图 45)。

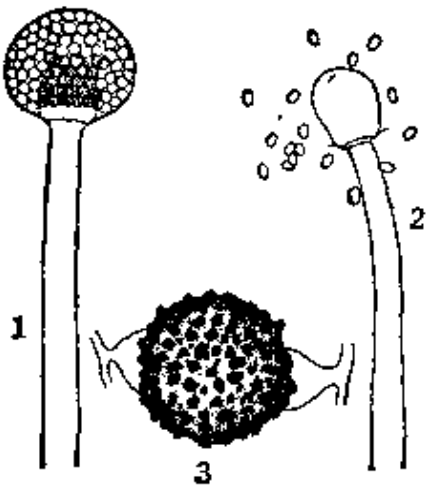


图 45　高大毛霉

1. 孢囊梗和幼年孢子囊　2. 孢子囊破裂后露出囊轴和孢囊孢子　3. 接合孢子，两个配囊柄是对生和同型的

总状毛霉(*Mucor racemosus* Fres)

它是毛霉中分布最广的一种，几乎在各地土壤中和一些生霉的材料上以及空气中和各种粪便上都能找到这个种。酒曲中常有它出现。菌落质地疏松，一般高度在 1 厘米以内，灰色或浅褐灰色。孢囊梗最初不分枝，其后以单轴式生出不规则的分枝，长短不一，直径 8—20 微米。孢子囊球形，直径 20—100 微米，浅黄色至黄褐色，成熟时孢囊壁消解。囊轴球形或近似卵形，17—60×10—42 微米。孢囊孢子短卵形至近球形，4—7×5—10 微米。接合孢子球形，有粗糙的突起，直径 70—90 微米。配囊柄对生，无色，无附属物。异宗配合。总状毛霉最显著的特征是形成大量的厚垣孢子，菌丝体、孢囊梗甚至囊轴上都有。厚垣孢子形状大小不一，光滑，无色或黄色。参见图 10。

微小毛霉(*Mucor pusillis* Lindt)

此菌分布在土壤和酒曲中。菌落厚毡状，高约 2—3 毫米，初期白色，后变为褐灰色。孢囊梗初期不分枝，后期呈假轴状分枝，起初无色后浅黄色，直径 6—10 (—20)微米，在孢子囊下面常有横隔。孢子囊球形，直径 50—80 微米。表面上常有小短刺，浅灰色到褐色，成熟后孢囊壁消解。囊轴卵形或梨形，直径 20—56 微米。孢囊孢子球形或卵形，直径 2.5—5 微米。接合孢子幼时红褐色，后黑色，球形，有粗糙的突起，直径 45—63 微米。配囊柄对生，无色，无附属物。异宗配合。

刺状毛霉(*Mucor spinosus* van Tieghem)

异名：多刺毛霉(*Mucor spinescens* Lendner)

此菌从土壤中能找到它。菌落灰色或褐灰色，菌丛较矮，1—2 毫米。孢囊梗短小，具分枝，最长一毫米，直径 10 微米，很少直立，一般都稍微弯曲。孢子囊球形，直径 60—100 微米，成熟后孢囊壁消解。囊轴卵圆形、梨形或圆锥形，在其顶端有 1—5(—12)个

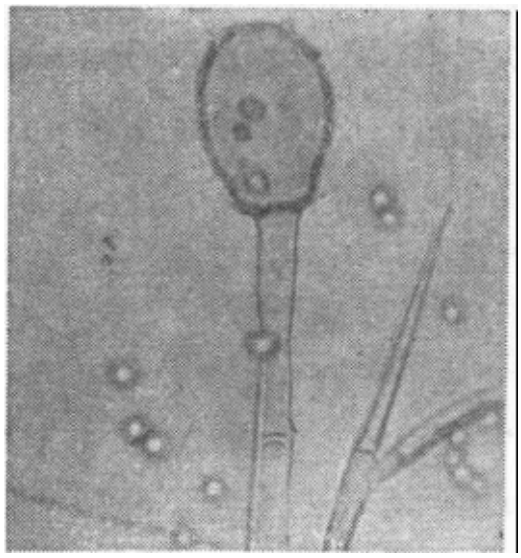


图 46　刺状毛霉囊轴上具刺状突起

显著的刺状突起，21—43×14—25 微米，褐色（图 46）。孢囊孢子球形，直径 4—9 微米，暗褐色。接合孢子球形，有粗糙的突起。配囊柄对生，无色，无附属物。异宗配合。

爪哇毛霉（*Mucor javanicus* Wehmer）

它是土壤、酒曲中常见到的毛霉。菌落起初白色，后灰黄色，菌丝稠密，菌丛初期直立，高 10—30 毫米，后期缩成膜状贴于基质的表面。孢子囊直径 50—100 微米，成熟后孢囊壁消解。囊轴球形或卵形，直径 17—51 微米或 34—81×24—68 微米，无色或淡褐色。孢囊孢子近球形、卵形至椭圆形，4—5×5—8 微米。厚垣孢子生在菌丝上，无色或淡黄色，壁薄。接合孢子直径 50—60 微米，暗褐色。配囊柄对生，无色，无附属物。异宗配合。

鲁氏毛霉〔*Mucor rouxianus* (Calmette) Wehmer〕

这个种最初是从我国小曲中分离出来的，也是毛霉中最早被用于阿明露法制造酒精的一个种。菌落在马铃薯培养基上呈黄色，在米饭上略带红色。孢囊梗具有短的，稀疏的假轴状分枝。孢子囊直径 20—100 微米，大多 50—70 微米，黄色，成熟后孢囊壁消解。囊轴近球形，23—32×20—28 微米，无色。孢囊孢子椭圆形或

拟椭圆形，4—5×2.5—3.5 微米。厚垣孢子数量甚多，大小不一，黄色至褐色。接合孢子未见。

毛霉常出现在酒曲中，所以有些种能糖化淀粉而且又能生成少量乙醇，如鲁氏毛霉、爪哇毛霉等。它们大都产生蛋白酶，有分解大豆的能力，我国多用来做豆腐乳。此外，四川的豆豉是用总状毛霉制成。

许多毛霉都产生草酸。鲁氏毛霉产生乳酸、琥珀酸及甘油等，但产量较低。总状毛霉、高大毛霉生 3-羟基丁酮。爪哇毛霉生果胶酶，高大毛霉生酯肪酶，还能生较大量的琥珀酸。微小毛霉产凝乳酶。

对甾族化合物的转化作用：总状毛霉、高大毛霉、微小毛霉、爪哇毛霉等都有-6β，-11α羟化能力，而总状毛霉、刺状毛霉起-9α羟化作用。

犁头霉属(*Absidia* van Tieghem)

犁头霉的菌丝体近似根霉，它们也产生弧形的匍匐菌丝，向四周蔓延，并且在同基物接触点上生出多少带有分枝的假根。但是它与根霉又有差异。它们的孢囊梗散生在匍匐菌丝中间，同假根并不对生。孢囊梗大都是 2 — 5 成簇，很少单生，而且常呈轮状或不规则的分枝。孢子囊顶生，多呈洋梨形。孢子囊壁薄，成熟后易消失，有残留的囊领。在孢子囊基部有明显的囊托，即孢子囊壁与囊轴汇合处呈漏斗状的基部。囊轴锥形、近球形或其它形状，顶端有时可以有乳头状突起，此突起有时甚长呈刺状。孢囊孢子小，单胞，大多无色，无线状条纹。接合孢子着生在匍匐菌丝上。配囊柄对生，由一个或两个配子囊柄生出附属物将接合孢子包围，有一些种则不生附属物。异宗配合或同宗配合。

这个属已描述过的大约有 30 种，有些种广泛分布在土壤、各种粪便和酒曲中。空气中也有它们的孢子存在。因而，在培养其它微生物过程中，常受到它的污染。往往在一天之内被它们取而代之。所以搞微生物的人对此菌多有戒心。某些种耐高温，37°C仍

能生长，其中有人、畜的病原菌。然而它们对留族化合物的转化别具风格。至少有 9 种曾被人们广泛地研究过。今选一种说明如下。

蓝色犁头霉(*Absidia coerulea* Bainier)

异名：淡紫犁头霉〔*Absidia orchidis*(Vuill.)Hagem〕

菌落起初淡蓝色，后紫蓝色，最后带深灰青褐色，菌丛高 0.6—15毫米。匍匐菌丝生有假根伸入基质，有假轴状分枝，分枝可育或不育。孢囊梗不分枝或顶端有较短的分枝，直立，1—5 株，大多 2—4 株成轮，高 50—500 微米，大多 200—375 微米，宽 6—12 微米，顶端都有较小的孢子囊，起初无色，后浅紫蓝色，最后浅褐色。在囊托下 10—15 微米处总是有一个横隔，孢子囊梨形或卵形，直径 18—65 微米。囊轴半球形，直径 12—32 微米，无色，较大的囊轴平滑，较小的囊轴典型地在顶端有一个大小为 1—4×1 微米的突出物。孢囊孢子圆形，直径 2.5—3.5(—5)微米，无色。接合孢子球形，直径 83—156(—180)微米，有粗糙的突起，起初褐色，后黑色。配囊柄对生，两个配囊柄大多不对称，大的直径 25—40 微米，上面长出 8—20 个指状附属物，并将接合孢子包围起来。小的配

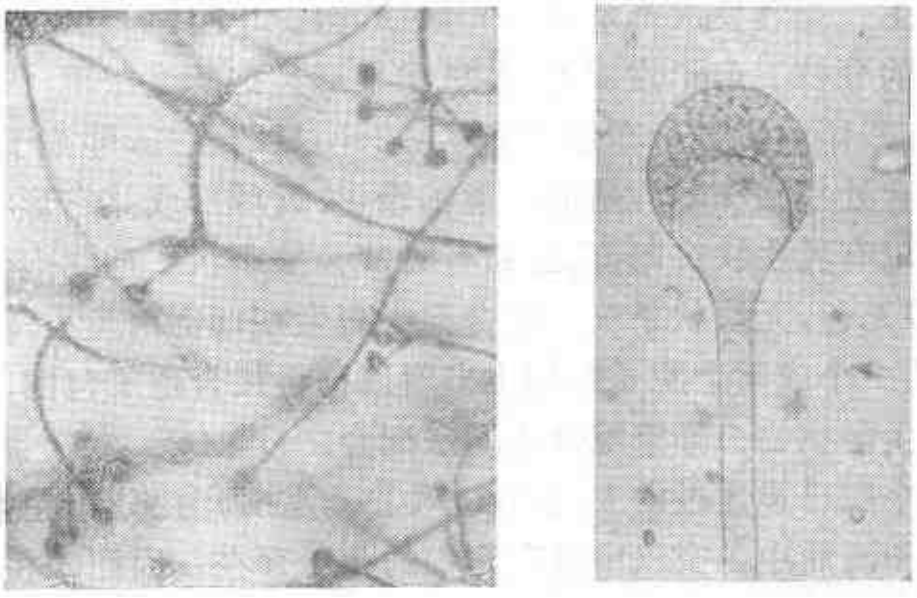


图 47　蓝色犁头霉

左：成束的孢囊梗自匍匐菌丝上长出　右：孢子囊、囊轴和囊托

囊柄直径约 15 微米，在各别情形下两个配囊柄也可以是对称的，并且都长出附属物。异宗配合(图 47)。

此菌对甾族化合物-1β、-5β、-7β、-11β、-11α 等起羟化作用，并能转化 21 位醋酸酯为羟基。对-11β 羟化尤其突出。

须霉属 (*Phycomyces* Kunze et Schmidt)

菌丝体分枝茂盛，菌丝粗壮，幼时无横隔，老后分隔。细胞带极淡的黄橙色。孢囊梗直立，典型地不分枝，褐紫色或铁青色(类似氧化了的钢丝色)，有金属光泽。孢子囊球形，壁上有草酸钙结晶，成熟后孢囊壁消解。囊轴洋梨形、圆柱形或其它形。孢囊孢子椭圆形、球形或其它形，单胞，光滑，无色或黄色，接合孢子着生在菌丝体上，二配子囊呈钳子或夹子状。配囊柄上的附属丝顶端呈双叉式分枝，暗褐色。目前已知的种都是异宗配合。

这属菌由于其孢囊梗的粗长和具特殊色泽，很象胡须，所以最容易识别它们。

布拉氏须霉 (*Phycomyces blakesleeanus* Burgeff)

菌丛青褐色，有金属光泽，高达 10 厘米以上(图 48)。孢囊梗直立，不分枝，无横隔，直径 50—150(—200) 微米，基部黄褐色，顶部青灰色至钢蓝色，老后黄褐色，顶端在孢子囊下部的地方略细。孢子囊球形至近球形，直

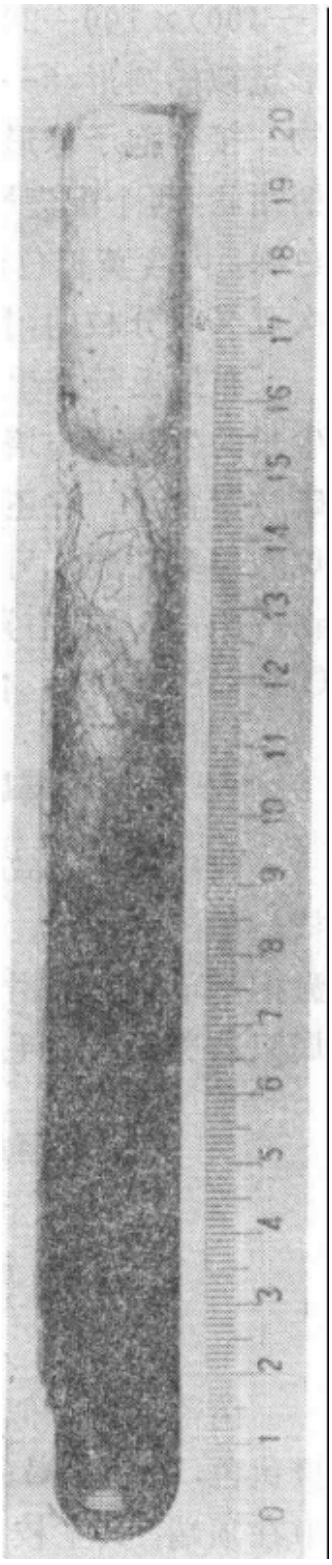


图 48　布拉氏须霉在试管中生长的情况

径 150—520 微米。囊轴圆锥形、卵形、倒卵形至矩圆形，150—300(—400)×100—225(—400)微米，无色或浅黄褐色。孢囊孢子卵形至拟椭圆形，8—13×5—7.5 微米，壁厚，有黄橙色的颗粒状内含物。接合孢子球形，黑色，直径 400—500 微米，表面粗糙。配囊柄钳状，两个配囊柄相同，直径 150—200 微米，基部浅褐色，上部色深，内含黄橙色油点，在上部长出 6—10 个黑色，无横隔，3—5 次双叉状分枝的附属物。异宗配合。

布拉氏须霉生长时需要硫胺素，即维生素 B_1 在一定范围内它生长的生物量与培养基中硫胺素的含量成正比，所以多用来测定硫胺素含量。它还可以产生柠檬酸、五倍子酸、原儿茶酸、二十四烷酸等多种酸。另外它也能产生 β 胡萝卜素。它们对甾族化合物-7β、-15β 位有羟化作用，并能使-3β 羟基转化为羰基(即-3β-OH→3-C=O)。本菌常可在含油脂的基物上分离到。

放射毛霉属(*Actinomucor* Schostakowitsch)

菌落形态大致与毛霉相似。有匍匐菌丝和假根。孢囊梗分枝。孢子囊球形，成熟后孢囊壁消解或开裂。囊轴各种形状。孢囊孢子单胞，光滑。菌丝上有或无厚垣孢子。接合孢子未知。此属只有美丽放射毛霉一个种。

美丽放射毛霉〔*Actinomucor elegans* (Eidam)Benj. et Hesselt〕

异名：匍匐放射毛霉(*Actinomuor repens* Schostakowitsch)

菌落形态近似毛霉，棉絮状，高度超过 1 厘米，起初白色或浅橙黄色，后深青褐黄色。有匍匐菌丝和假根。孢囊梗直立，分枝多集中在顶端，其主枝顶端有一较大的孢子囊，在其下面有 3—8 轮生分枝，每一分枝顶端各生孢子囊。孢囊梗主枝直径约 30 微米，分枝典型地各有一个横隔。孢子囊球形，主枝上的直径一般不大于 80 微米，但有时可达 120 微米，分枝上的直径 20—50 微米。老后

深黄色，壁粗糙，有草酸钙结晶，成熟后孢囊壁消解或开裂，消失后留有囊领。囊轴不一致，在较大的孢子囊内长卵圆形至梨形，50—60(—72)×30—40(—48)微米。在较小的孢子囊内球形至扁球形，直径 12—30 微米。孢囊孢子圆形，光滑或稍粗糙，壁厚，直径 5—8 微米。气生菌丝体上有厚垣孢子，圆形，壁厚，黄色，有刺，内含油脂。接合孢子未知(图 49)。

美丽放射毛霉某些菌株生蛋白酶，可用于发酵豆腐乳。

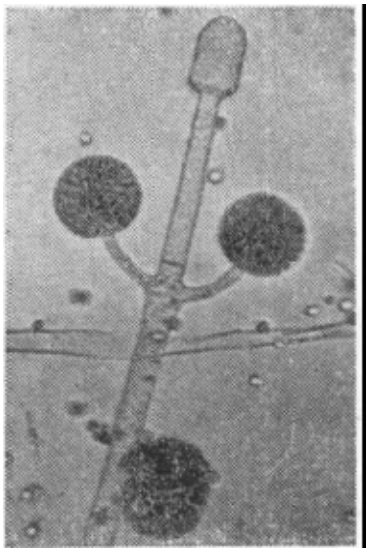


图 49　美丽放射毛霉孢囊梗上的分枝

接霉属(*Zygorhynchus* Vuillemin)

菌落、菌丝体以及无性孢子阶段都近似毛霉。孢囊梗单生，不分枝，或呈假轴状分枝。孢子囊老后易消失，留有囊领。有囊轴。孢囊孢子较小，而且光滑。接合孢子有疣刺状突起。二配子囊大小相差非常悬殊。典型地在孢囊梗分枝的末端形成，较少在其它菌丝的末端形成，一个较直但极小，另一个大而粗，并且弯曲。本属所有的种其接合孢子都是同宗配合。

异形接霉(*Zygorhynchus heterogamus* Vuillemin)

菌丛高达 1 厘米，起初白色，后烟灰色至深灰青褐色，孢囊梗直立，长 2 毫米，直径 12—15 (—18) 微米，假轴分枝或不规则地分枝，在分枝处常有横隔，分枝顶端各生孢子囊，有的孢囊梗上同时可长有孢子囊和接合孢子。孢子囊球形，直径 15—35 (—60) 微米，无色至淡黄色，成熟后孢囊壁破裂或消解。囊轴扁球形至近球形，光滑，4.5—22×6.5—26 微米。孢囊孢子短卵形，少数圆形，4—6.5(—8)×2—4(—5)微米。菌丝顶生或间生厚垣孢子，椭圆形或球形，20×25 微米。接合孢子黑色，粗糙，直径 30—70 微米，表面上有高达 4.5 微米的突起。两个配囊柄不相等，大

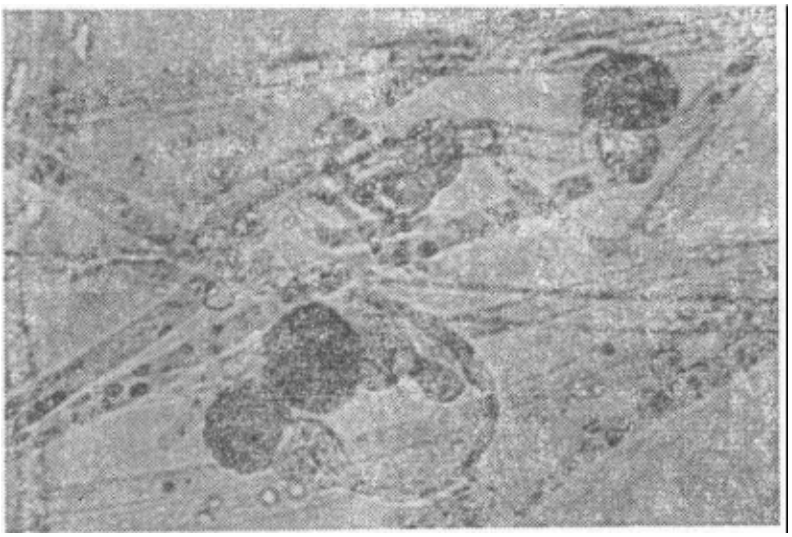


图 50　异形拟毛霉的接合孢子，两个配囊柄是对生和不同形的

的无色至浅灰或浅褐色，弯曲，直径27—58微米，小的无色而直，直径6—13微米。同宗配合(图50)。

这属菌在毛霉中由于它们的接合孢子具有特殊的形态，代表真菌的一个类型，可用于教学。此外对甾族化合物-6β,-11β位有羟化作用。

卷霉属(*Circinella* van Tieghem et Le Monnier)

菌落外观大致似毛霉。菌丝体分枝甚繁，初无横隔，老后逐渐形成横隔。孢囊梗直立于菌丝体上，以假轴式分枝，侧枝轮生或单生，强烈卷曲，顶端有时着生大小相当的一至多个孢子囊，有时形成一个不孕的刺。孢子囊球形，壁上有草酸钙结晶，成熟后一般破裂而不消失，留有不规则的囊领。囊轴柱形至锥形或其它形。孢囊孢子圆形或卵形，光滑。接合孢子着生在与孢囊梗有区别的直立菌丝上，球形，表面近乎光滑。配子囊柄无附属丝，钳状，两个配囊柄同形。这类菌习见于土壤中，或为酒曲的杂菌。

伞卷霉 (*Circinella umbellata* van Tiegh. et Le Monn.)

菌落灰青褐色至青褐黄色。菌落可高达17毫米，但有时要低得多。孢囊梗直径可达20微米，无色至褐色，顶部略粗糙，连续分枝多次，在每一次分枝的地方生出1—12个卷曲的缴状短分枝，每一短分枝上往往有2个横隔。孢子囊黑色，球形或扁球形，直径50—90(—120)微米，成熟后孢囊壁破裂。囊轴梨形、圆锥形或矩圆形，

20—84×30—90 微米，浅褐色，有的光滑，有的在顶端有突出物或刺。有明显的囊领。孢囊孢子球形至拟卵形，直径 4.5—10.5 微米，壁较厚。基物菌丝上有厚垣孢子。接合孢子球形，直径可达92微米，金褐色，成熟后中央有一个大油点。配囊柄钳状或平直，基部不互相扭结，无色或淡褐色，无附属物。异宗配合(图51)。

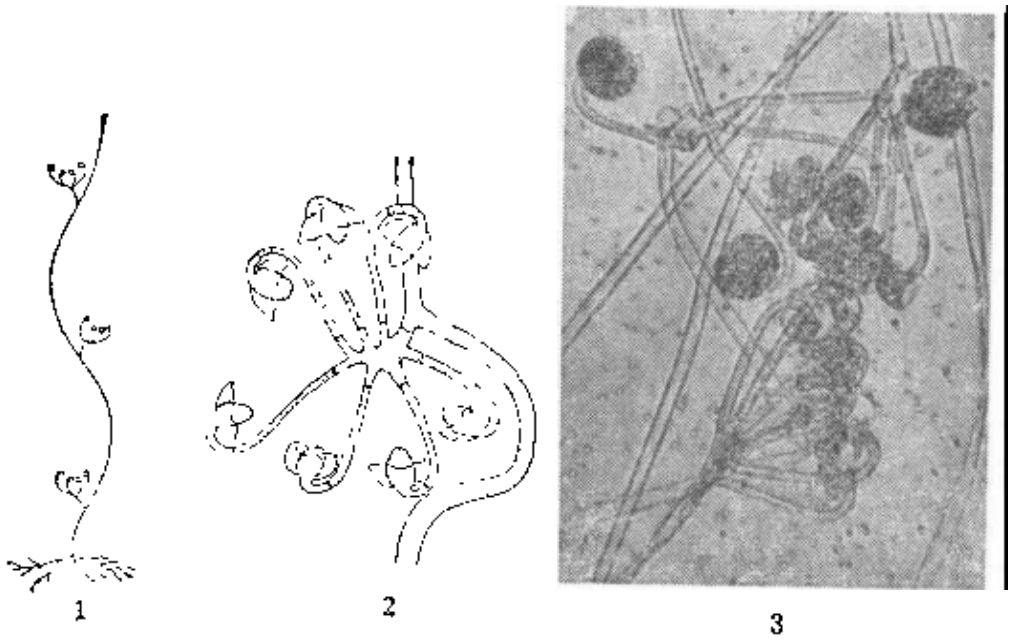


图 51　伞 卷 霉

1. 分枝示意图　2. 残留的孢囊壁及囊轴　3. 显微照片

伞卷霉的孢囊梗分枝的方式和卷曲的侧枝独出一格，为教学的好材料。

(II)小克银汉霉科(Cunninghamellaceae)

小克银汉霉属(*Cunninghamella* Matruchot)

此属菌常可在土壤中找到，菌落棉絮状。菌丝体幼年无横隔，老后则有隔。其无性繁殖形成分生孢子（有人认为是单孢子的孢子囊），分生孢子梗由营养菌丝体产生，多少带有分枝，而且每个分枝顶端有膨大的泡囊。泡囊四周着生小梗，小梗上形成单细胞，球形、卵形或梨形，往往有微刺的分生孢子。厚垣孢子在菌丝中间形成。接合孢子粗糙，配子囊柄对生，无附属丝。大多异宗配合，

只有一个种是同宗配合。常见的种有刺孢小克银汉霉(*Cunninghamella echinulata* Thaxter)及布拉氏小克银汉霉(*Cunninghamella blakesleeana* Lendner)等。

刺孢小克银汉霉(*Cunninghamella echinulata* Thaxter)

菌落起初白色,后略带浅灰黄色,表面因有大量孢子的形成而呈粉末状,高达 1.5 厘米。在 40℃ 时仍能生长。菌丝分枝甚繁,直径 10—20 微米。有时可以形成假根。分生孢子柄直立,聚缴状或较少拟双叉状分枝,每一分枝长约 30—50 微米,顶端膨大成一泡囊。泡囊广棒形至近球形,直径 25—60(—80)微米,顶生或侧生的泡囊形状相同,光滑。分生孢子球形、拟卵形及瓜子形,7—13(—20)×5—11(—18)微米,或直径 11—14 微米,成熟后上面密生长达 4 微米的小刺,无色。厚垣孢子有时在菌丝上形成。接合孢子球形,直径 46—80 微米,有粗疣状突起。配囊柄对生,无附属物。异宗配合(图52)。

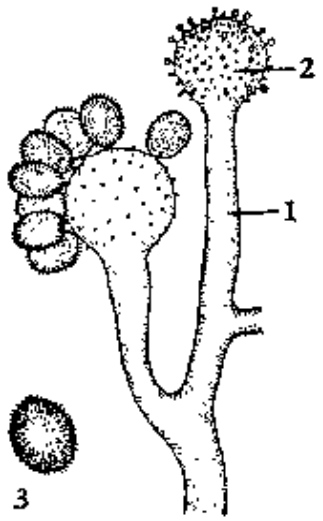


图 52 刺孢小克银汉霉
1. 分生孢子梗 2. 泡囊
3. 分生孢子

布拉氏小克银汉霉(*Cunninghamella blakesleeana* Lendner)

菌落起初白色,后略带浅黄色,高达 2—3.5 厘米,老后结片下陷。40℃时不能生长。菌丝分枝甚繁,直径 8—20 微米。常可形成假根。分生孢子梗轮状分枝、拟双叉状分枝或单轴分枝,分枝长度不超过 50 微米,顶端膨大成一泡囊。泡囊近球形至广棒形,直径 30—60(—80)微米,表面光滑或略粗糙。分生孢子大多拟卵形至拟椭圆形,较少瓜子形,少数近球形,9—18(—35)×7—12(—25)微米,无色,表面光滑或有稀疏的不超过 2 微米长的短刺。菌丝上无厚垣孢子。接合孢子未见报道(图53)。

这类菌对土壤中有效氮和磷较敏感,所以土壤微生物工作者

常用来测定土壤中有效氮的贮藏量。其方法是把土壤制成平面，并加入0.5%磷酸盐。将此菌接于中央，于30℃培养40小时后观察其菌落直径。按其生长的大小来推算土壤中有效氮的含量。按此法也可以测磷的含量。布拉氏小克银汉霉对甾族化合物-6β、-9α、-11β、-14α有羟化作用。例如它能将赖斯坦氏化合物S(Reichstein Compound S，即孕甾-4烯-17,21-二醇-3,20-二酮)转化为氢化可的松，即在$C_{11\beta}$位起羟化作用，效果很好，多用于工业生产。

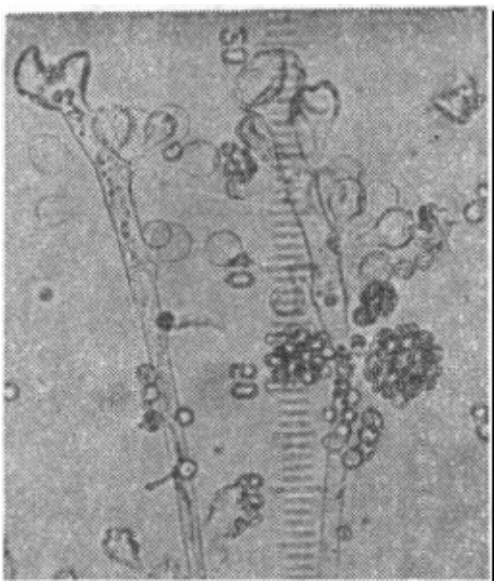


图53 布拉氏小克银汉霉分生孢子梗上的轮状分枝

(III)枝霉科(Thamidiaceae)

枝霉属(*Thamnidium* Link)

菌落外观介乎毛霉属与小克银汉霉属之间。菌丝分枝甚繁，起初无隔，老后有隔。无匍匐菌丝及假根。孢囊梗上可以同时生有大型孢子囊和小型孢子囊。大型孢子囊内有无数孢子且有囊轴，长在孢囊梗的顶端。小型孢子囊内只有少数孢子且无囊轴，长在孢囊梗的侧生分枝的末端，整个地脱落。孢囊孢子大，单胞，色淡；小型孢子囊内的孢子形状、大小相同。接合孢子球形，有粗疣状突起。配囊柄对生，无色，无附属物。异宗配合。

美丽枝霉(*Thamnidium elegans* Link)

此菌分布在土壤中或冷藏的肉类上，此外在空气中和各种粪便内亦常存在。菌落外观介乎毛霉属与小克银汉霉属之间。起初浅灰色，后灰青褐色，菌丛高1—2厘米。孢囊梗直立，直径可达30微米。有三种：一种短而分枝，上面生有小型孢子囊；一种长而不

分枝，只生有大型孢子囊；最后一种最常见和最为典型，孢囊梗长，顶生大型孢子囊，上面轮生的侧枝上生有小型孢子囊，侧枝双叉状分枝或不分枝。大型孢子囊球形，直径 40—150 微米，成熟后孢囊壁消解。囊轴在大型孢子囊内，球形、卵形，较少梨形，50—75×30—60微米，无色或略有色，基部有小囊领。小型孢子囊内无囊轴，含有2—6个孢子，球形，直径7—16微米，整个地脱落，成熟后孢囊壁不消解而破裂。二种孢子囊中的孢囊孢子形状大小一致，卵形至椭圆形，6.5—15.5×4.5—8 微米，无色或淡黄色。无厚垣孢子。接合孢子圆形，黑色，有粗疣状突起，直径 52—156 微米。配囊柄对生，两个配囊柄同形，无附属物。异宗配合(图 54)。在 6—7 ℃时生长最好，32℃ 以上即不能生长。

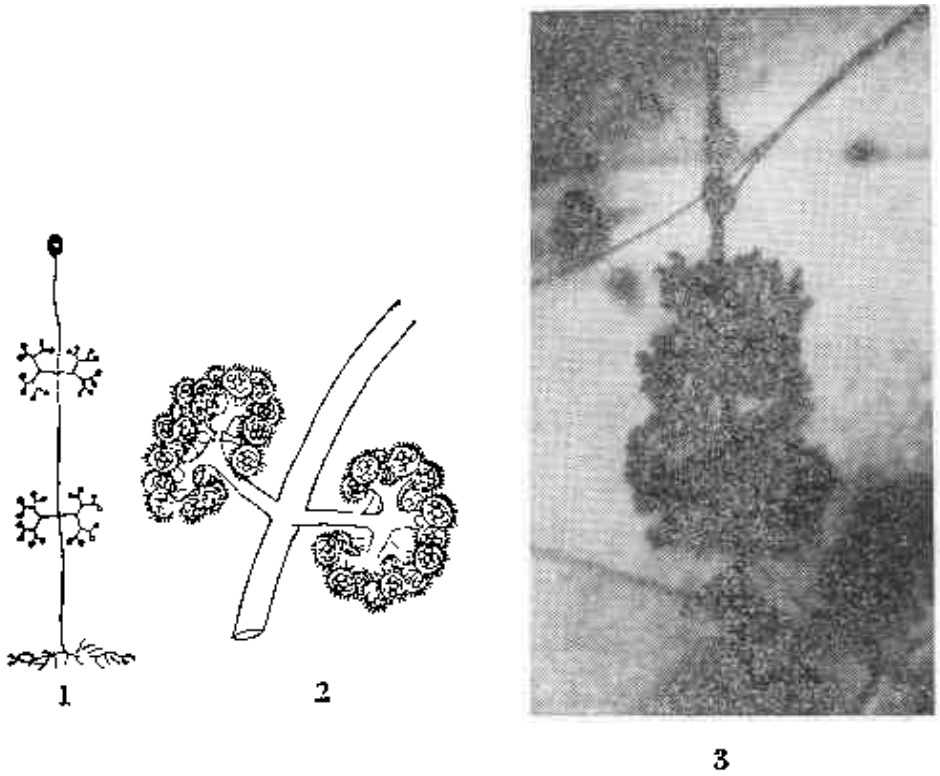


图 54　美丽枝霉

1. 分枝示意图　2. 孢子囊着生情况　3. 显微照片

在欧洲有人用它发酵牛肉，据说有特别风味。然而往往将它们作为冷藏肉类的害菌。

(IV)头珠霉科(Piptocephalidaceae)

头珠霉属(*Piptocephalis* de Bary)

多寄生在毛霉目中其他菌的菌丝上。它们以膨大的吸盘附着在寄主菌丝的表面，同时形成极细的丝状吸根穿入寄主细胞。孢囊梗直立，有许多横隔且有纵纹，上部具数重双叉状分枝，每一分枝顶端形成一个梗细胞，每一个梗细胞上面长出几个长型孢子囊，每个长型孢子囊都是杆状，内生直线排列的孢囊孢子，无囊轴。孢子囊成熟后囊壁解体，此时成串的孢囊孢子外观似分生孢子。孢囊孢子单胞，一般无色，光滑。接合孢子球形，稍粗糙，淡色，其形成的方式近似须霉，即二配子囊呈钳状。但是配子囊柄上无附属物。目前已知的种都是异宗配合。

蒂氏头珠霉(*Piptocephalis tieghemiana* Matruchot)

此菌寄生于其他毛霉上，菌体呈金褐色。孢囊梗长 300 微米以上，有许多横隔和纵纹，直径 4—7 微米，上部双叉状分枝数次，分枝的直径约 2—5 微米，近无色至淡褐色。梗细胞形成于每一分枝的末端，无色，球形，直径 2.5—5.5 微米，成熟后与孢子一起脱落。数个长形孢子囊长在一个梗细胞上面，杆状，8—12×2—4 微米，无囊轴，内含 2 个孢子。孢囊孢子圆柱形至纺锤形，无色，光滑，4—6×2—4微米。接合孢子色淡，球形，稍粗糙。配囊柄钳状，无色，无附属物。异宗配合(图55)。

由于头珠霉能寄生在其他毛霉上面，在有的毛霉还没有找到它的有性阶段之前，其无性阶段往往不容易与半知菌类的某些属种相区别，为了要证实它是否毛霉目的成员，可以接种头珠霉看能否寄生上去，能被头珠霉寄生的往往就是毛霉目。但是近年来发现，头珠霉的一个种还能寄生在青霉上面，因此，上述方法并不是绝对可靠的，而只是一种识别毛霉的简便辅助方法。

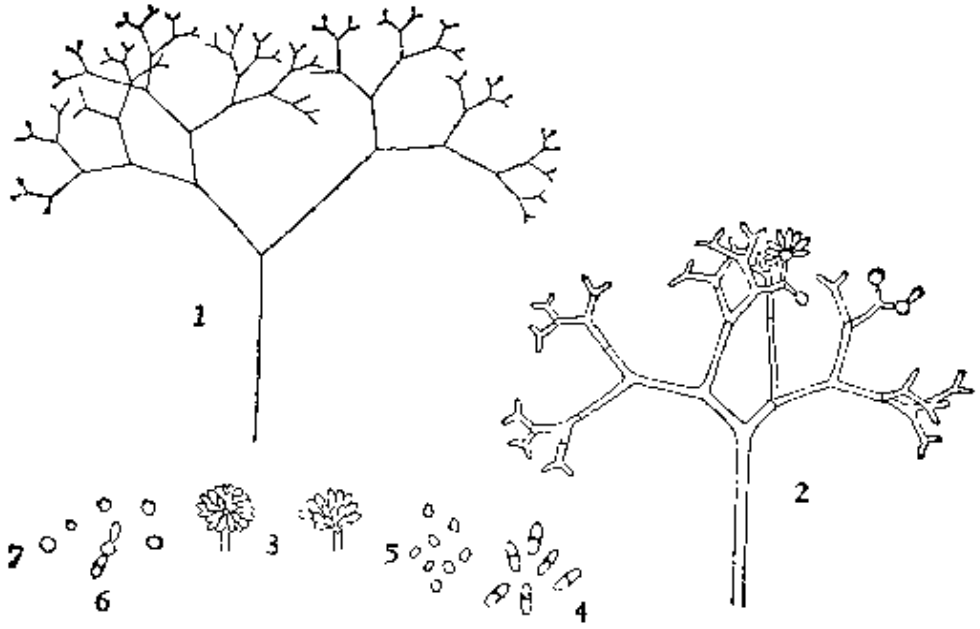


图 55　蒂氏头珠霉示意图

1. 孢囊梗双叉式分枝　2. 孢子囊着生情况　3. 孢子囊在枝端簇生　4. 长型孢子囊内有二个孢子　5. 孢囊孢子　6. 长型孢子囊着生在圆形的小梗上面　7. 小梗

共头霉属(*Syncephalastrum* Schröter)

菌丝体向四周蔓延，分枝甚繁。孢囊梗直立或倒伏如匍匐菌丝状，上面还可以长出许多不定假根，基部无假根，不规则地分枝，每个分枝顶端都有膨大的泡囊。长型孢子囊管状，无囊轴，从泡囊上放射状生出，因而用低倍镜观察时，类似曲霉的分生孢子头。孢囊孢子呈串状生于孢子囊内。接合孢子球形，黑色，有粗疣状突起。配囊柄对生，两个配囊柄同形，无附属物。异宗配合。

总状共头霉〔*Syncephalastrum racemosum*(Cohn)Schröter〕

菌落起初浅灰色，后黑灰色，外观介乎毛霉属与根霉属之间，菌丛高约 0.5—1.5 厘米。菌丝分枝甚繁，直径 4—8 微米。孢囊梗直接从菌丝发生，直立或倒伏如匍匐菌丝状，上面长出许多不定假根，起初不分枝，无横隔，后作假轴分枝或缴状分枝并形成横隔，主枝直径 10—25 微米，分枝直径 5—15 微米，主枝及分枝末端均

膨大成泡囊。泡囊球形或拟卵形，有的顶端尖形，灰褐色，主枝上的泡囊直径30—80微米，分枝上的泡囊直径10—40微米。长型孢子囊由泡囊的整个表面上生出，内含单行排列的3—18（一般5—10）个孢囊孢子，成熟时孢囊壁消解。孢囊孢子球形或拟卵形，直径约3—5微米。接合孢子球形，黑色，有粗疣状突起，直径50—90微米。配囊柄对生，两个配囊柄同形，无色，无附属物。异宗配合（图56）。

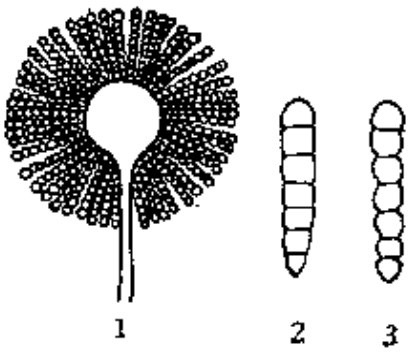


图56　总状共头霉

1. 孢子囊梗、泡囊和长型孢子囊　2. 单行的孢囊孢子排列在长形孢子囊内　3. 还没有散开的成串孢囊孢子

总状共头霉对甾族化合物-6β,-11α;-6β,-15β;-7β,-15β等具有二羟基化作用。

(V)水玉霉科(Pilobolaceae)

水玉霉属(*Pilobolus* Tode)

通常生于各种草食性动物的粪便上。孢囊梗直立或略弯曲，不分枝。孢子囊下面膨大，称为孢囊下泡。孢囊梗基部与菌丝体相连处也膨大为囊状，称为营养囊。此囊下方通常有横隔，而且有假根伸入基物中。孢子囊半球形至扁豆形，上部角质化，壁厚，黑色，下部壁薄，色淡，内生许多孢囊孢子。囊轴直径小于孢囊下泡。成熟后整个孢子囊从孢囊梗上被强力地射出。水玉霉的孢囊梗具有向光性，所以孢子囊向光射出。接合孢子圆球形，二配子囊柄呈钳状。目前已知的种都是异宗配合。

晶水玉霉〔*Pilobolus crystallinus*(Wiggers)Tode〕

孢囊梗直立，不分枝，无横隔，高5—12毫米，上部直径80—117微米，下部直径68—74微米，顶端生一个孢子囊，孢囊梗在孢子囊下面膨大成孢囊下泡，在基部则膨大成营养囊。营养囊形状

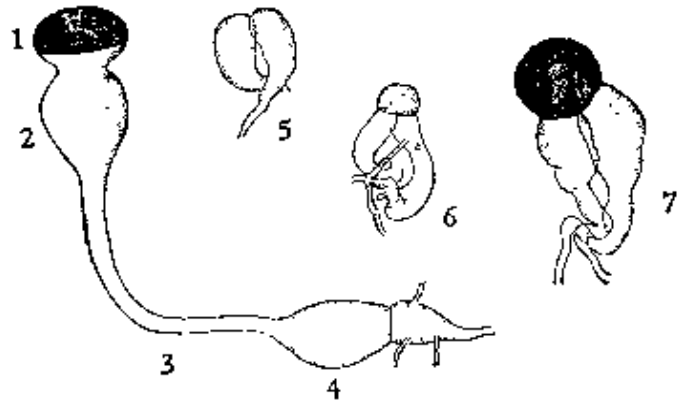


图 57　晶水玉霉

1. 孢子囊　2. 孢囊下泡　3. 孢囊梗　4. 营养囊　5—7. 接合孢子形成的各阶段，两个配囊柄是钳状和同形的

如甘薯或近球形，埋藏在基物内，216—536×154—239 微米其末端有一个横隔且有假根。孢囊下泡倒卵形，基部橙色，363—508×203—420 微米。孢子囊黑色，半球形，105—160×204—354 微米，上部角质化，与孢囊下泡之间常呈现出颈状。囊轴长乳头状，高 185—265 微米，基部直径 136—210 微米，上部直径 74—142 微米。孢囊孢子长拟卵形，浅黄色，7—10×4.5—6 微米。接合孢子球形，黑色，直径 67—293 微米，大多 140—200 微米。配囊柄钳状，两个配囊柄同形，无色，无附属物。异宗配合（图 57）。

水玉霉属由于它们特殊的形态，代表真菌的一个类型，故用于教学。再者它们强力地发射孢子的现象，吸引搞生理学的人作为研究材料。

(VI)笄霉科(Choanephoraceae)

布拉氏霉属(*Blakeslea* Thaxter)

此属的特征是有二种孢子囊，即具有囊轴的大型孢子囊和无囊轴的小型孢子囊。大型孢子囊生在不分枝的孢囊顶端。小型孢子囊生在孢囊梗分枝末端的泡囊上的小梗上，孢囊梗顶端有时呈多重双叉分枝，但也有时不具分枝，而在梗的顶端直接生小型孢子囊。囊轴只形成于大型孢子囊内。孢囊孢子一般褐色且有线状条纹，两端有成束的附属丝。接合孢子近球形，表面上无突起，但有线状条纹。配囊柄钳状，两个配囊柄同形，下部互相扭结。目前已知的种都是异宗配合。此属最重要的种为三孢布拉氏霉。

三孢布拉氏霉(*Blakeslea trispora* Thaxter)

菌落起初白色后浅橙黄色，棉絮状，菌丛高约 2—5 毫米。孢囊梗直径约 15—26 微米，产生大型孢子囊的孢囊梗不分枝，直立、弯曲或点头状，产生小型孢子囊的孢囊梗在上部拟双叉状或双叉状分枝数次，分枝长约 24—37 微米，直径约 15—18 微米，成泡囊状鼓起，每一个分枝顶端膨大成一个泡囊。泡囊直径 32—47 微米，上面有许多球形的小梗。大型孢子囊球形，直径 30—147 微米，黑褐色，成熟后孢囊壁不消解而破裂成两半。小型孢子囊卵形至近圆球形，12—19×11—17 微米，近透明至淡褐色，内含 2—6 个(一般 3 个)孢囊孢子。囊轴在大型孢子囊内，梨形、长圆形或半球形，

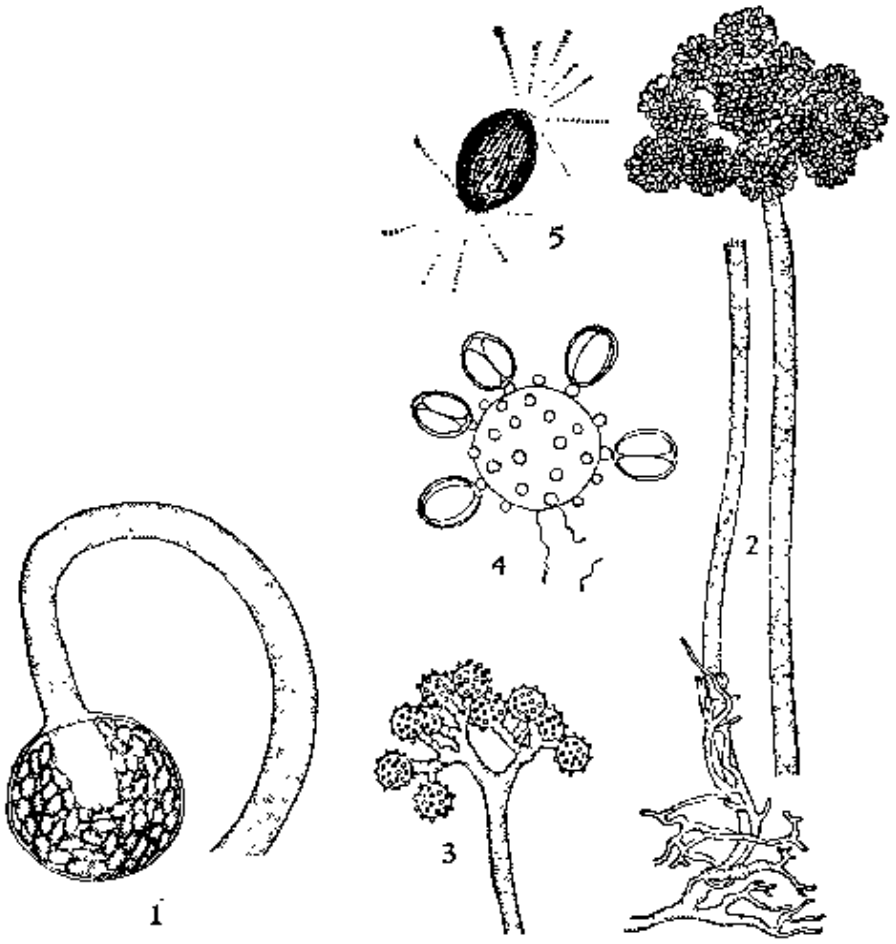


图 58　三孢布拉氏霉

1. 孢囊梗孢子囊、囊轴和孢囊孢子　2. 小型孢子囊的着生情况　3. 孢囊梗顶部着生许多球形的泡囊，泡囊上面又有许多球形小梗　4. 5 个小型孢子囊长在泡囊上的小梗上面　5. 孢囊孢子

18—98×14—74微米，浅褐色，基部有囊领，小型孢子囊内无囊轴。孢囊孢子红褐色，在大小型孢子囊内的大致相同，圆形，有线状条纹，10—15×5—8微米，两端带有十数根至数十根成束而无色的极细的附属丝，长度约为孢子的 1—1.5 倍，菌丝上有厚垣孢子。接合孢子圆球形，直径 40—60 微米，中央有一个大油点，黑褐色，上面有线状条纹。配囊柄呈钳状，下部互相扭结，无附属物。异宗配合(图 58)。

三孢布拉氏霉能产生 β-胡萝卜素，此素在动物体内可以转化为维生素 A。该菌目前已应用于工业生产。此外它们对甾族化合物—11α；—11β；—6β 等有羟化作用。

笄霉属(*Choanephora* Currey)

孢子器官有两种：一是大型孢子囊，一是分生孢子(也有人认为即单孢孢子囊)。大型孢子囊生在不分枝的孢囊梗顶端，内有囊轴。分生孢子梗末端膨大成泡囊，分生孢子在泡囊的小突起上。孢囊孢子暗色，大多有线状条纹及在两端各有成束而无色的细丝。分生孢子暗色，无线状条纹，也无附属丝。接合孢子表面无突起，但有线状条纹。配囊柄钳状，下部互相扭结，无附属物。目前已知的种都是异宗配合。

南瓜笄霉〔*Choanephora cucurbitarum* (Berk. et Rav.)Thaxter〕

菌落起初白色后浅橙黄，老后又变灰白色，棉絮状，菌丛高约 0.5—1 厘米。孢囊梗不分枝，直立，在孢子囊下方弯曲，或点头状，无色，直径约 15—30 微米。孢子囊球形，初白色后变黑褐色，直径可达 156 微米，孢囊壁不消失，但成熟后由上至下开裂成同等的两部分。囊轴梨形或卵形，无色至淡褐色，45—126×32—84 微米。孢囊孢子褐色，卵形、拟椭圆形，有时甚至三角形，10—27×7—13 微米。一般有线状条纹，有时不明显或完全没有，两端各有 8—18 根成束而无色的细丝，其长度为孢子的 1—1.5 倍。分生孢子梗直

立，无横隔，无色，直径约 17—30 微米，一般顶端膨大成初级泡囊，在此泡囊上长出许多短枝，短枝顶端再形成次生泡囊，由次生泡囊产生分生孢子。有时分生孢子梗顶端直接形成泡囊而不形成次生泡囊，少数情形下分生孢子梗顶端不形成泡囊而直接作 1—3 次双叉状或拟双叉状分枝，在分枝末端才形成泡囊。泡囊球形，直径 25—55 微米，无色，上面有许多小突起，老后脱落。分生孢子着生在泡囊的小突起上面，褐色，卵形至椭圆形，有时一边略弯曲，有线状条纹，一端带有无色的乳头状突起，10—26(—40)×7—13微米。有些菌株形成厚垣孢子。厚垣孢子球形、椭圆形，有时成链。接合孢子近球形，暗褐色，中央有一个大油点，有线状条纹，直径50—90微米。配囊柄钳状，二配囊柄大小相等，下部互相扭结。异宗配合(图 59)。

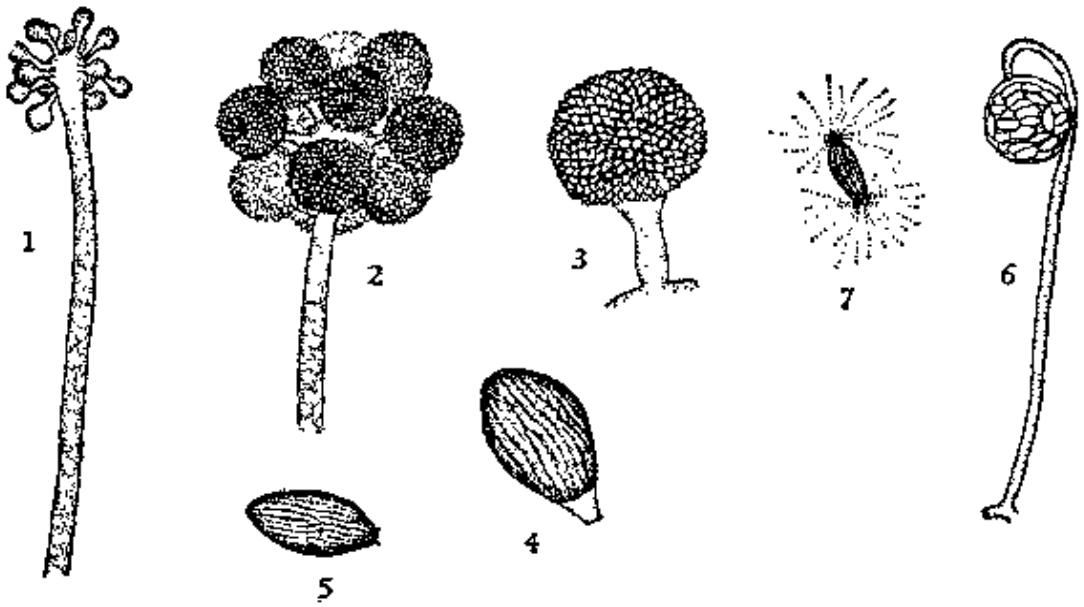


图 59　南瓜笄霉

1. 幼分生孢子梗，顶生泡囊上还有许多次生泡囊　2. 泡囊、次生泡囊和分生孢子　3. 一个长满了分生孢子的泡囊　4—5. 分生孢子(单胞孢囊孢子)　6. 孢子囊和孢囊梗　7. 孢囊孢子

南瓜笄霉常引起南瓜、西葫芦等花腐病。此菌也能产生 β-胡萝卜素，不过还没有用到生产中去，如果深入研究其发酵条件，搞清楚其辅助因子，作为生产用菌还是有希望的。它对甾族化合物 $-6\beta,-11\alpha,11\beta$ 等有羟化作用。

(VII)被孢霉科(Mortierellaceae)

被孢霉属(*Mortierella* Coemans)

这属菌的特点是菌落较薄，营养菌丝体沉埋于基物中。气生菌丝体蔓延，多联结成网状。孢囊梗分枝或不分枝，下部较宽大，向上逐渐缩细。孢子囊顶生，球形，通常无囊轴，少数可以有退化的囊轴，壁薄，易消失。孢囊孢子球形、椭圆形或其他形。接合孢子由配囊柄长出的厚层菌丝所包围。有时在气生菌丝短的侧枝顶端形成球形单细胞的分生孢子。

拉氏被孢霉〔*Mortierella ramanniana* (Moeller)Linnimann〕

菌落矮小，丝绒状，洋红褐色。孢囊梗不分枝，少数从基部长出数个分枝，直或稍弯，无横隔或有一至数横隔，长度 180—500 微米，向顶端渐变细，基部直径 5—9 微米，上部 3—5 微米。孢子囊非常小，球形，直径一般 20(最大 40)微米，玫瑰红色。有比较退化

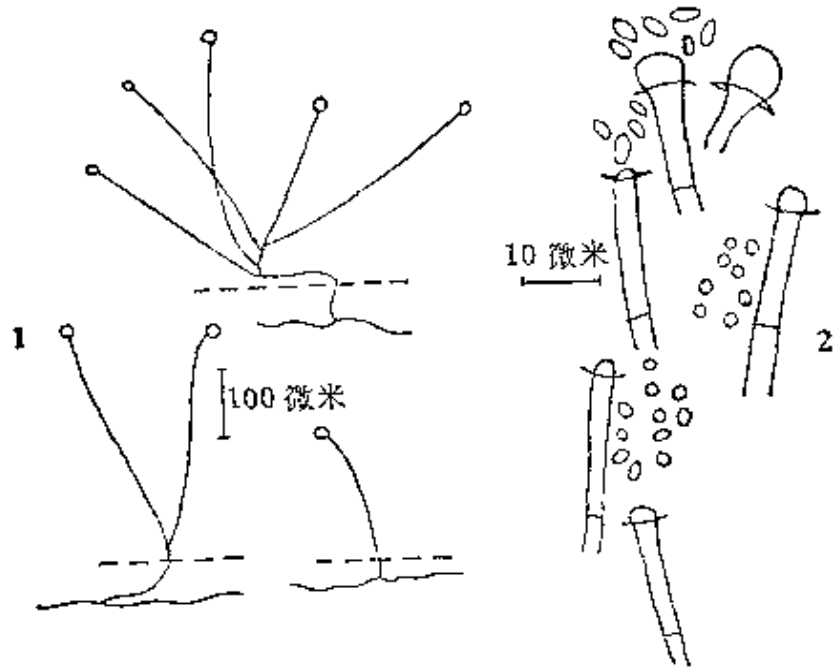


图 60　拉氏被孢霉

1. 孢囊梗示意图　2. 孢子囊破裂后逸出比较退化的囊轴和孢囊孢子

的囊轴，半球形至近球形，无色，3—10×5—13.5 微米。孢囊孢子球形，很少卵形，直径 2—3 微米，或 2.5—5×2—3 微米，无色，厚垣孢子很多，球形或卵形，直径 10—12 微米。接合孢子未见(图60)。

拉氏被孢霉为森林树种的菌根真菌。对甾族化合物 -6β，-11α 等有羟化作用。

(二)子囊菌纲(ASCOMYCETES)

子囊菌是真菌中比较大的一个纲，估计有 1700 多属，26000多种。其中少数的原始类型无菌丝体，或产生不发达的菌丝或只能形成假菌丝。大多数菌种都能形成菌丝体，而且菌丝都具有横隔。子囊菌的菌丝有时结成子囊果、子座或菌核等。

无性繁殖为裂殖、芽殖，或形成分生孢子、节孢子、厚垣孢子等。有性生殖由二个已分化的或形态无区别的雌雄细胞相结合后形成子囊，或结合后形成产囊丝，再由产囊丝形成子囊，内生子囊孢子。子囊裸露或包于由菌丝所结成的子囊果中。

子囊菌又分为原子囊菌和真子囊菌两个亚纲。

I. 原子囊菌亚纲(Protoascomycetes)

此纲也称半子囊菌亚纲 (Hemiascomycetes)，是子囊菌中较原始的或退化的类型。此亚纲的真菌结构简单，菌丝稀少或没有菌丝。子囊由两个性细胞结合后直接形成。子囊裸露，不形成产囊丝和子囊果。

原子囊菌亚纲包括产生子囊孢子的酵母，类似酵母的一些真菌，少数生长在植物流胶上的腐生菌和引起各种不同寄主植物的缩叶病的菌。生子囊孢子的酵母属于此亚纲的内孢霉目 (或称酵母目 Endomycetales) 的内孢霉科 (Endomycetaceae)，引起缩叶病的菌属于外子囊菌目 (Taphrinales)，后者本书不予引列。至于那些不生孢子的酵母或产生掷孢子、冬孢子的酵母则分别属于半

知菌和担子菌，不在此亚纲内阐述。

内孢霉目(Endomycetales)

此目中包括许多与国民经济关系密切的有孢子酵母。娄德在她1970年的酵母分类中录了22属产生子囊孢子的酵母包括179种，20变种，仅择其中常见常用的5个属介绍于下。

在类似酵母的真菌中选择了生产核黄素的棉病囊霉和阿氏多囊霉。按照季也蒙和高曼(Guilliermand et Gaüman)的系统，这两种菌分别属于原子囊菌亚纲，内孢霉目，蚀精霉科 (Spermophthoraceae) 的阿舒氏囊霉属 (*Ashbya* Guilliermond) 和多囊霉属 (*Crebrothecium* Routein)。蚀精霉科的形态居于藻状菌纲和子囊菌纲之间，基本型有明确的世代交替，如棉柱头病蚀精霉 (*Spermophthora gossypii* A. et H.)的菌丝可产生配子囊和配子，配子经配合后接合子萌发产生子囊和子囊孢子。子囊孢子发芽又可生菌丝和酵母状芽生孢子可行无性繁殖。而棉病囊霉和阿氏多囊霉的配子失去了配合的能力，也不再产生子囊，它们的有性世代已退化，因此一般称它们的配子囊和配子为孢子囊和孢子。关于它们的分类地位，有人认为应属半知菌，但一般仍将其归入原子囊菌。

(I) 蚀精霉科(Spermophthoraceae)

阿舒氏囊霉属(*Ashbya* Guill.)

这类真菌寄生于高等植物的果实，无配子囊、子囊和二倍体菌丝。单倍体菌丝发达，有横隔，多核。孢子囊通常生在菌丝中间，也有的生在顶端，单生或成串，长形。孢子通常是2的倍数，如12—16个，集子孢子囊两端成束排列。成熟的囊细胞与菌丝脱离，孢子从不固定的破裂处散出。孢子纺锤形，两端尖，下端有一根尾鞭。孢子发芽产生菌丝。孢子囊先端或菌丝上可生酵母形细胞或叫芽生孢子(图61)。此属仅一种，即棉病囊霉。属的特征即为种

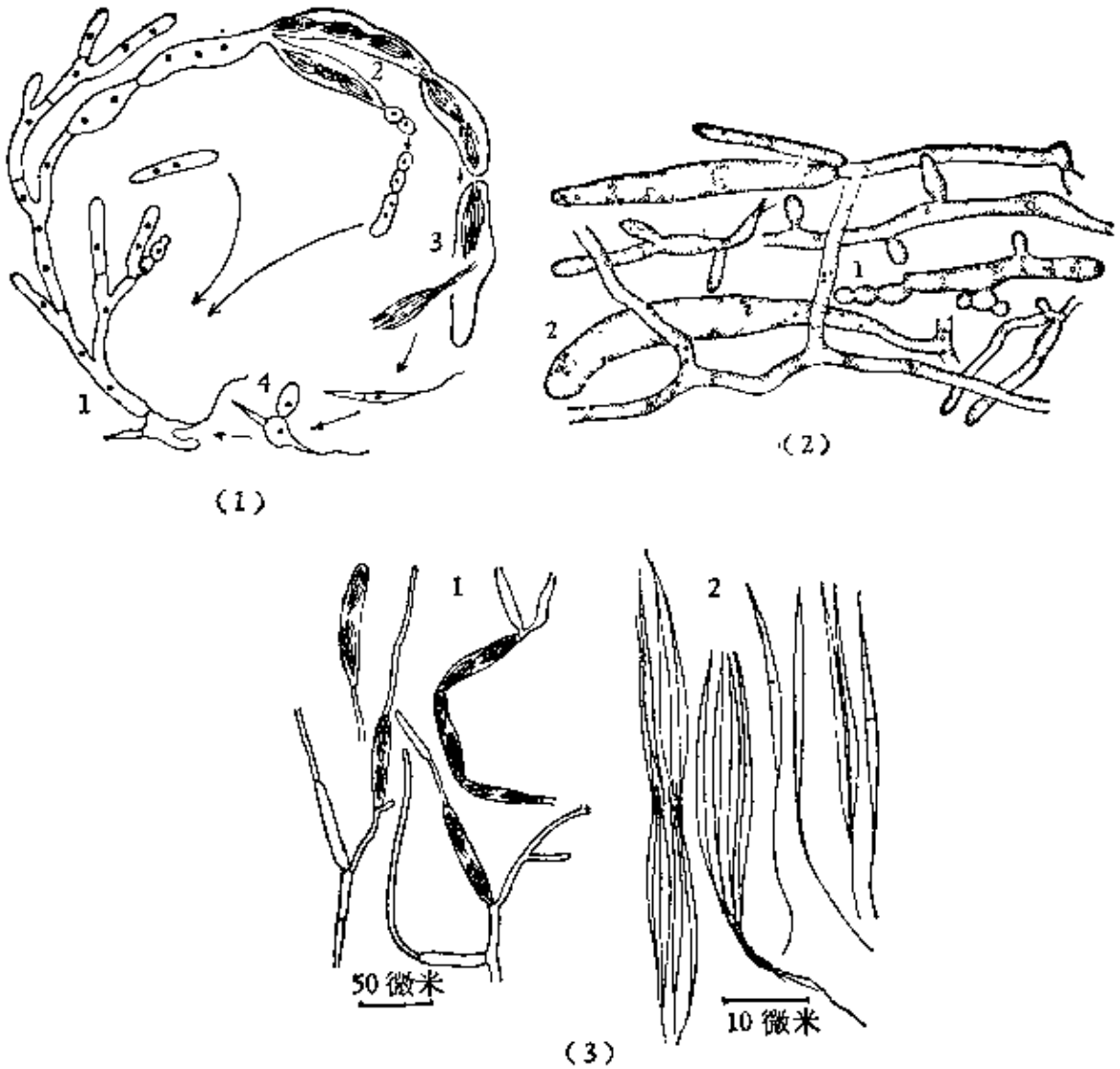


图 61　棉病囊霉

(1) 生活史：1. 发芽的孢子产生多核的单倍菌丝　2. 菌丝上着生的孢子囊及成束的孢子　3. 孢子囊破裂放出孢子　4. 孢子萌发；(2) 1. 酵母状细胞　2. 初期孢子囊；(3) 1. 菌丝及孢子囊　2. 孢子囊及孢子

的特征。

棉病囊霉〔*Ashbya gossypii*(Ashby et Nowell)Guill.〕

异名：棉病针孢酵母(*Nematospora gossypii* Ashby et Nowell)

棉病囊霉在麦芽汁-酵母汁-蛋白胨-葡萄糖-琼脂、马铃薯-葡萄糖琼脂、马铃薯-蔗糖琼脂、啤酒-麦芽汁琼脂培养基上 26℃ 培养生长良好。开始时湿润的匍匐菌丝蔓延生长，表面有互相纠结

的发达菌丝，此时菌落无色或灰白色，2、3天后渐趋淡黄色，中央色深。5天后呈柠檬黄色，10天成桔黄或桔红色。7—10天后菌落周围的培养基也因核黄素的扩散而呈黄绿色。这时菌落平坦或微微凸起，膜状，表面有放射状沟纹出现，圆形菌落最大直径可达38—50毫米，菌落边缘由二叉分枝的菌丝组成。

该菌不利用氨态氮和硝态氮，而在含有天然蛋白质水解物（如水解动物蛋白、卵蛋白、面筋或酪素）的培养基中生长。生物素是促进棉病囊霉生长的重要因素。甘氨酸对核黄素的产生有促进作用。

棉病囊霉不发酵任何糖，为氧化型菌，可以葡萄糖、果糖和蔗糖作为碳源。不易同化麦芽糖和纤维二糖，弱分解淀粉，不能利用鼠李糖、阿拉伯糖、木糖、半乳糖、乳糖、甘露醇、菊芋糖和纤维素。曾有人报道用猪油或玉米油可代替所有碳源来培养棉病囊霉，而且生长良好。

棉病囊霉是高等植物致病菌，能危害许多重要经济作物如棉花、柑桔、蕃茄、咖啡等的果实。最早发现它的人就是从染病的棉桃上分离的。该菌具有合成大量核黄素（维生素 B_2）的能力，产量可达每毫升 4187 微克，因此是核黄素生产的重要菌种。

多囊霉属（*Crebrothecium* Routein）

此属寄生在棉花的果实上。生单倍体菌丝和孢子囊。单倍体菌丝发达，有叉状分枝，多核，细胞中有黄色素。孢子囊多生在菌丝中间，也有少数生在菌丝顶端，常 2—7 个成串，长形或纺锤形。孢子 8—16 个（多为 12 个），不规则地排列在一起。孢子棍棒状，上端钝圆，下端尖削而细长，孢子略弯成弧形。只有一个种即阿氏多囊霉。

阿氏多囊霉〔*Crebrothecium ashbyii*（Guill.）Routein〕

异名：阿氏假囊酵母（*Eremothecium ashbyii* Guill.）

此菌在我国常用名为阿氏假囊酵母和依利蒙菌，有的译成阿氏假孢菌。该菌在形态上与棉病囊霉近似，根本区别在于前者孢子较短而粗，一端尖细弯曲，没有尾鞭，孢子不成束，排列无一定次

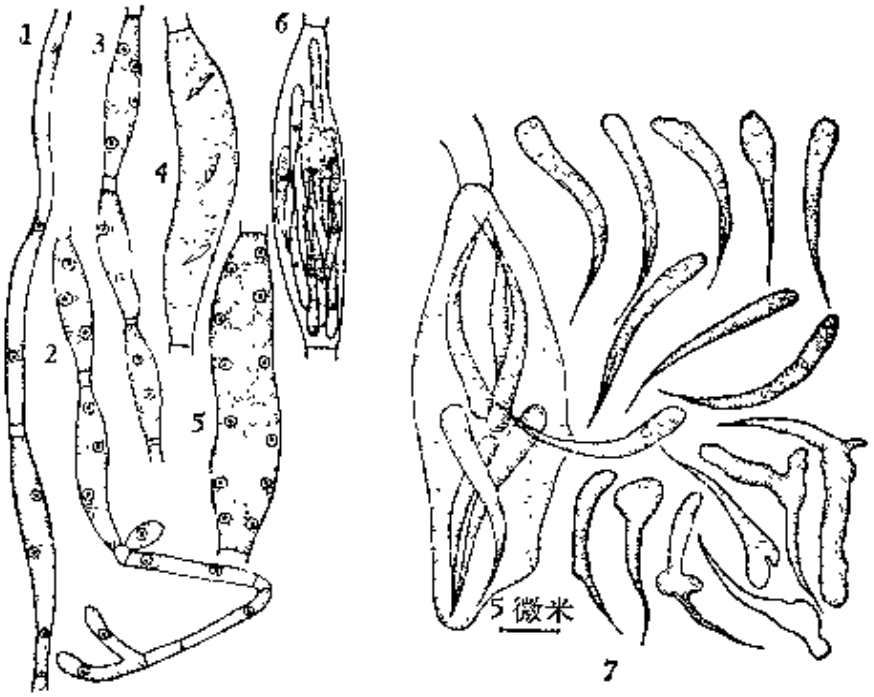


图 62　阿氏多囊霉

1—3. 菌丝及初期子囊　4—6. 子囊成熟过程　7. 孢子囊、孢子及孢子发芽

序，菌丝横隔较少，但二叉分枝更有规律。而棉病囊霉孢子细长，两端尖，一端有尾鞭；孢子成束排列，菌丝横隔较前者多（图 62）。

阿氏多囊霉不能利用硝酸钾为唯一氮源。蛋白胨、丙氨酸、天门冬氨酸和谷氨酰胺能促进发育和产生核黄素，硫酸铵次之。有人研究某些嘌呤能增强阿氏多囊霉产色素的能力，但对生长则无作用（如鸟嘌呤），而次黄嘌呤、核苷、核苷酸对生长和产色素都无效。

该菌也是氧化型菌，不能发酵。对它最适的碳源是葡萄糖、果糖、蔗糖和甘露糖。不易利用麦芽糖、棉子糖、菊芋糖和甘油。不能利用乳糖、木糖、核糖、山梨糖、阿拉伯糖、鼠李糖、半乳糖、糊精、乙醇、乙二醇、甘露醇、山梨醇、水杨酸、乙酸、杨梅苷（Arbutin）等为碳源。

肌醇、硫胺素和生物素都是促进阿氏多囊霉生长的因子。据说豌豆粉也能促使该菌增产核黄素。

阿氏多囊霉以在制药厂生产核黄素为主。副食品加工厂用它搞综合利用如将豆制品下脚料——豆渣进行发酵生产核黄素。近年来也曾研究用阿氏多囊霉的脂肪酶使黄油增香。

(II) 酵母科(Saccharomycetaceae)

德巴利氏酵母属(*Debaryomyces* Lodder et Kreger-van Rij)

营养繁殖为多边芽殖，细胞有不同形状，可以有原始的或发达的假菌丝，通常在子囊形成前母子细胞进行异形接合，也可有同形接合发生。子囊孢子球形或卵形，有痣点。每囊1—2个孢子；有的种可多至4个孢子。发酵慢、弱或不发酵，不同化硝酸盐。娄德(1970)在这属中录了八个种，其中克氏德巴利氏酵母(*Debaryomyces kloeckeri*)产柠檬酸量较高，并能利用煤油作为碳源。还有的种能氧化正癸烷、正十六烷及石油。现举汉氏德巴利氏酵母为例。

汉氏德巴利氏酵母〔*Debaryomyces hansenii* (Zopf)L. et v. R.〕

麦芽汁25—28℃培养3天，细胞圆形或短卵形，2.84—6.16微米，多边芽殖(图63-1)，不发酵，液面有白色光光泽而多皱的菌醭。

生长在麦芽汁琼脂斜面上的菌落平坦，乳白色，无光泽，边缘有缺刻。

在加盖片的马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上培养时不生成假菌丝，或细胞仅连接成短链。

图63 汉氏德巴利酵母
1. 细胞 2. 子囊孢子

子囊孢子圆形，有痣点，用一般光学显微镜不易看见痣点，而在电子显微镜下能看清。每一子囊通常一个孢子，有时有两个，直径约2.6微

米(图 63-2)。当生孢子多时菌落表面呈现褐色。

发酵*：

葡萄糖	弱或一	乳糖	一
麦芽糖	一或弱	棉子糖	一
半乳糖	一或弱	蜜二糖	一
蔗　糖	一或弱		

同化碳源*：

葡萄糖	+	棉子糖	±
麦芽糖	+	蜜二糖	±
半乳糖	+	纤维二糖	+
蔗　糖	+	D-木糖	+
乳　糖	±	可溶性淀粉	±
		D-阿拉伯糖	±
		L-阿拉伯糖	±

同化氮源*：

硝酸钾	—	硫酸铵	+

在含糖的液体培养基中能产生核黄素，但产量远不及棉病囊霉和阿氏多囊霉。

能分解杨梅苷。

有人曾经从腐败的酒糟、米醋、肉类、香肠、番茄酱、乾酪、凝乳、蘑菇、烟草，以及人的皮肤，咽痛病人的咽喉，染病的指甲，唾液中分离出汉氏德巴利酵母。它可能是微弱致病的。

汉逊氏酵母属(*Hansenula* H. et P. Sydow)

营养繁殖为多边芽殖，细胞圆形、椭圆形、卵形、腊肠形。有假菌丝，有的有真菌丝。子囊形状与营养细胞形状相同，子囊孢子帽形、土星形、圆形、半圆形，表面光滑。子囊成熟后破裂放出子囊孢

---

* +号代表发酵或同化。
—号代表不发酵或不同化。
±号不肯定。

子。汉逊氏酵母的各个种可以是单倍体或二倍体或两种类型都有；同宗配合或异宗配合。发酵或不发酵糖；形成或不形成醭。可产生乙酸乙酯。不合成淀粉。同化硝酸钾。

此属的酵母多能产乙酸乙酯，并可自葡萄糖产生磷酸甘露聚糖应用于纺织及食品工业。汉逊氏酵母有降解核酸的能力，并能微弱利用十六烷烃。汉逊氏酵母也常是酒类饮料的污染菌，他们在饮料表面生长成干而皱的菌醭。由于大部分的种能利用酒精作为碳源，因此是酒精发酵工业的害菌。

娄德(1970)在汉逊氏酵母属中共录25个种，此处仅以异常汉逊氏酵母和土星汉逊氏酵母为例。

异常汉逊氏酵母异常变种〔*Hansenula anomala* (Hansen)H. et P. Sydow var. *anomala*〕

麦芽汁25°C培养3天，细胞圆形4—7微米，椭圆形、腊肠形2.5—6×4.5—20微米，甚至有长达30微米的长细胞，多边芽殖(见图64-1)，发酵，液面有白色菌醭，培养液混浊，有菌体沉淀于管底。

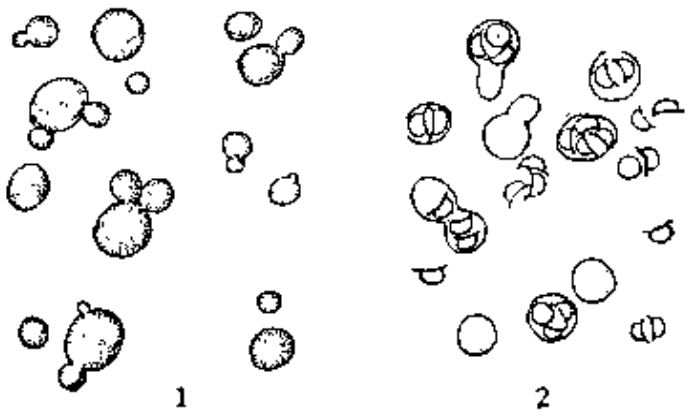


图64　异常汉逊氏酵母异常变种
1. 细胞　2. 子囊孢子

生长在麦芽汁琼脂斜面上菌落平坦，乳白色，无光泽，边缘丝状。

在加盖片的马铃薯葡萄糖琼脂培养基上培养能生成发达的树状分枝的假菌丝。芽生孢子圆或椭圆形，菌丝顶端的细胞很长（可达20微米）。

子囊孢子：由细胞直接变成子囊，每囊1—4个（多为2个）帽形孢子、子囊孢子由子囊内放出后常不散开(见图64-2)。

发酵：

葡萄糖	+	乳糖	−
麦芽糖	+或弱	棉子糖	+
半乳糖	+或−	蜜二糖	−
蔗糖	+		

同化碳源：

葡萄糖	+	棉子糖	+
麦芽糖	+	蜜二糖	−
半乳糖	+	纤维二糖	±
蔗糖	+	D-木糖	±
乳糖	−	可溶性淀粉	−
		D-阿拉伯糖	−
		L-阿拉伯糖	−
		乙醇	+

同化氮源：

硝酸钾	+	硫酸铵	+

分解杨梅苷

产生乙酸乙酯

从土壤、树枝、树木流出的汁液，贮存的谷物、青贮饲料、湖水或溪水、污水、蛀木虫的粪便中曾分离到异常汉逊氏酵母。

异常汉逊氏酵母产生乙酸乙酯，故常在食品的风味中起一定作用。如用于无盐发酵酱油的增香，又如有的厂用这个菌参与以薯干为原料的白酒的酿造，经浸香和串香法酿造出比一般薯干白酒味道醇厚的白酒。它氧化烃类能力强，能利用煤油，可以用乙醇和甘油作为碳源，在100毫升无机盐合成培养基（以3克硫酸铵为氮源）中逐步加入6毫升乙醇（每次2毫升），经过6天培养可得3.5克菌体。不少真菌在培养液中能累积游离氨基酸，其中异常汉逊氏酵母累积L-色氨酸更为突出。印度尼西亚用异常汉逊氏酵母、啤酒酵母、米根霉和米芽孢毛霉（*Chlamydomucor oryzae*）制成发酵米粉食品——拉兹。

土星汉逊氏酵母土星形变种〔*Hansenula saturnus* (Klöcker)H. et P. Sydow var. *saturnus*〕

异名：土星形魏立氏酵母〔*Williopsis saturnus* (Klöcker) Zender〕

麦芽汁 25°C培养 3 天：不同菌株细胞形态、大小差别很大，细胞可为圆形 4—6.5 微米，卵形、椭圆形 3—5.5×4—7 微米，其中以圆形较多，多边芽殖。培养液混浊，液面有白色醭膜，管底有菌体沉淀，有少量气泡产生（图 65-1）。

图 65 土星汉逊氏酵母土星形变种
1. 细胞 2. 子囊孢子

生长在麦芽汁琼脂斜面上的菌落平坦，乳白色，无光泽，边缘微呈丝状。

在加盖片的马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上培养不生假菌丝或仅有二、三个细胞连接成短链。

子囊孢子：子囊多由二倍体营养细胞形成，每囊 1—4 个（多为 2 个）土星形子囊孢子，孢子中央常有圆而发亮的油滴（图 65-2）。

发酵：

葡萄糖	+	乳糖	—
麦芽糖	—	棉子糖	+
半乳糖	—	蜜二糖	—
蔗糖	+		

同化碳源：

葡萄糖	+	蜜二糖	—
麦芽糖	—	纤维二糖	+
半乳糖	—	D-木糖	+
蔗糖	+	可溶性淀粉	—

乳糖	—	D-阿拉伯糖	—
棉子糖	+	L-阿拉伯糖	—

同化氮源：

硝酸钾	+	硫酸铵	+

分解杨梅苷。

通常从土壤中可以分离到土星汉逊氏酵母，湖水池沼、泉水、河水、牛粪、树木的渗出液也是它生存的场所。

据报道土星形汉逊氏酵母能利用煤油，它的细胞中含有蛋氨酸和胱氨酸，也能产生乙酸乙酯。但氨基酸含量不及粘红酵母，乙酸乙酯产量不如异常汉逊酵母。

毕赤氏酵母属(*Pichia* Hansen)

细胞具不同形状，多边芽殖，多数种形成假菌丝，在子囊形成前行同形或异形接合或不接合。子囊孢子球形、帽形或土星形，常有一油滴在其中，子囊孢子表面光滑，有的孢子壁外层有痣点。每囊1—4个孢子，通常子囊容易破裂放出孢子。发酵或不发酵不同化硝酸盐。

这个属的酵母对于正癸烷，十六烷的氧化力较强，日本曾用石油和农副产品或工业废料培养毕赤氏酵母来生产蛋白质。季氏毕赤氏酵母(*Pichia guilliermondii*)细胞含麦角醇，但含量不及发酵性酵母(*Saccharomyces fermentati*)、啤酒酵母和卡尔斯伯酵母，苹果酸产量不及曲霉。此外，还有产生磷酸甘露聚糖的能力。毕赤氏酵母也是酒类饮料的污染菌，常在酒的表面生成白色干燥的菌醭。娄德(1970)在此属中共录有35种，2个变种，此处只介绍粉状毕赤氏酵母。

粉状毕赤氏酵母〔*Pichia farinosa*(Lindner)Hansen〕

麦芽汁25—28°C培养：细胞椭圆形2.6—3.55×3.55—5.92微米，长椭圆2.37—3.08×4.74—7.11微米，腊肠形1.42—2.37×4.74—9.48微米，单个或成短链(图66-1)。培养液表面有白而皱

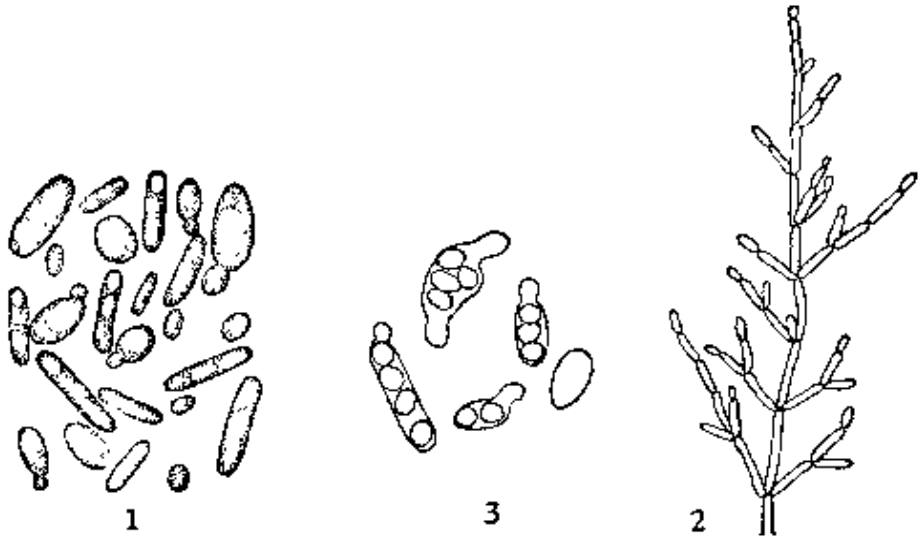


图 66　粉状毕赤氏酵母

1. 细胞　2. 假菌丝　3. 子囊孢子

的糖醭，管底有菌体沉淀，弱发酵。

生长在麦芽汁琼脂斜面上的菌落乳白色，无光泽，边缘有细缺刻。

在加盖片的马铃薯-葡萄糖琼脂上培养能形成发达的树枝状假菌丝(图 66-2)。

子囊孢子：母子细胞行异形接合后形成子囊，每囊内有 1—4 个(多为 3—4 个)椭圆形子囊孢子，直径约 1.36—1.98 微米(图66-3)。

发酵：

葡萄糖	+	乳糖	—
麦芽糖	—	棉子糖	—
半乳糖	+	蜜二糖	—
蔗糖	—		

同化碳源：

葡萄糖	+	蜜二糖	—
麦芽糖	—	纤维二糖	±
半乳糖	+	D-木糖	±
蔗糖	—	可溶性淀粉	—
乳糖	—	D-阿拉伯糖	—

棉子糖　·　　L-阿拉伯糖　—

乙醇　+

同化氮源：

不同化硝酸钾

弱分解杨梅苷。

从玉米粉、酒类、动物粪便中曾分离到粉状毕赤氏酵母。

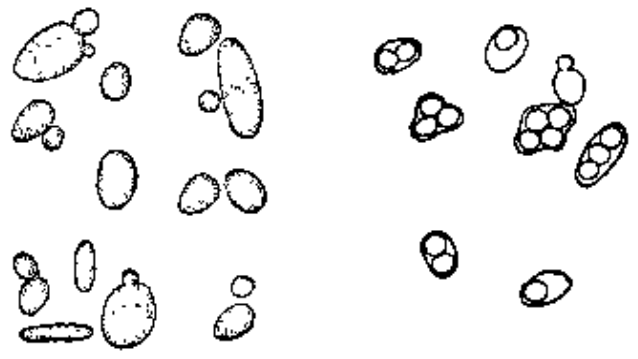
酵母菌属〔*Saccharomyces*(Meyen)Reess〕

细胞圆形、椭圆形、腊肠形。有或没有假菌丝，没有真菌丝。一般在液体培养时无菌醭，在长期培养后有的能生成菌醭，但薄而光滑，而不是粉状，干燥，有皱纹的菌醭。同形接合或异形接合后形成子囊，或由双倍体细胞直接形成子囊。子囊成熟时不破裂，强发酵，发酵产物主要为乙醇和二氧化碳，不同化乳糖和高级烃类，不同化硝酸盐。娄德(1970)的酵母菌属录41个种6个变种，以常见常用的两种为例。

啤酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae* Hansen)

麦芽汁25°C培养3天，细胞由圆形、卵形、椭圆形到腊肠形(图67-1)，按照细胞长与宽的比例可分为三组。

第一组：细胞多为圆形、短卵形或卵形，长与宽之比为1—2，一般小于2。其中又分大、中、小三型，大型4.5—10.5×7.0—21.0微米，中型3.5—8.0×5.0—17.5微米，小型2.5—7.0×4.5—11.0(—18.5)微米。无假菌丝，或有较发达但不典型的假菌丝。娄德在1952年将这组酵母定为啤酒酵母，到70年她把这个组扩大，容纳了葡萄酒酵母和魏氏酵母。这组酵



1　　2

图67　啤酒酵母

1.细胞　2.子囊孢子

母除了用于酿造饮料酒和面包制造以外，俗称为德国2号和德国12号（Rasse II 和 Rasse XII）的是啤酒酵母中有名的酒精生产菌。但因不能耐高浓度盐类，只适于用糖化淀粉为原料生产酒精和白酒。

第二组：细胞形状以卵形和长卵形为主，也有些圆或短卵形细胞，长与宽之比通常为2，按大小也可分为三型。大型为3.5—9.5×6—14微米，也有的可长达20微米，中型3—7.5×5—14微米，小型2.5—6×3.5—13微米。常形成假菌丝，但不发达也不典型。在娄德（1952年）的分类中这组酵母称为啤酒酵母椭圆形变种（*Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus*），葡萄酒酿造业将其简称为葡萄酒酵母（*Saccharomyces ellipsoideus*）到70年并入啤酒酵母。主要用途为酿造葡萄酒和果酒，也有的用于啤酒业、蒸酒业和酵母工厂。

第三组：大部分细胞长宽之比大于2，即细胞较前两组为长，也可分三型。一型细胞细长2.2—5.5×6—14(—33)微米，二型细胞略粗4—7×8—16（—22）微米，三型为中间型，细胞大小为3—6.5×6.5—14(—23)微米。常能形成很多假菌丝，但不典型，仅是由长细胞连接成树枝状。娄德1952年将这组定为魏氏酵母（*Saccharomyces willianus*），70年也并入啤酒酵母。这组酵母俗名为台湾396号酵母，南方常用它以甘蔗糖蜜为原料生产酒精，因为它能耐高渗透压，可以经受高浓度的盐，因此适合于发酵甘蔗糖蜜。

生长在麦芽汁琼脂上的菌落为乳白色、有光泽、平坦、边缘整齐。

在加盖片的玉米粉琼脂培养基上培养不生假菌丝或有不典型的假菌丝。

子囊孢子：营养细胞可直接变成于囊，每囊1—4个圆形光面的子囊孢子（图67-2）。

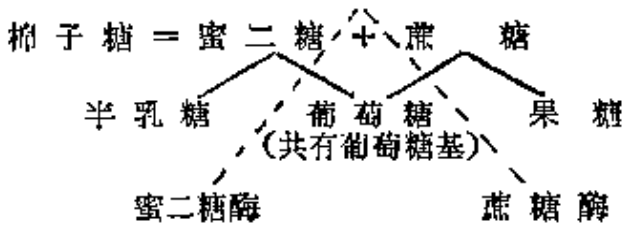
发酵：

葡萄糖	+	乳糖	—
麦芽糖	+	棉子糖	+1/3

半乳糖 ＋　　蜜二糖 －

蔗　糖 ＋

棉子糖为三糖，分解后成为蜜二糖和蔗糖，而这两种糖又由半乳糖和果糖共有一个葡萄糖基所组成，如下图：



不同的酵母具有不同的酶，因此发酵棉子糖的能力也不同。有的发酵1/3棉子糖，有的发酵2/3，有的能全部发酵（见下表）。啤酒酵母和葡萄汁酵母即靠棉子糖的发酵来区别。

发酵				同化				棉子糖发酵程度
棉子糖	蜜二糖	蔗糖	半乳糖	棉子糖	蜜二糖	蔗糖	半乳糖	
＋	＋	＋	＋	＋	＋	＋	＋	3/3 全发酵
＋	＋	＋	－	＋	＋	＋	－	2/3 剩余半乳糖
＋	－	＋	＋	＋	－	＋	＋	1/3 剩余蜜二糖
＋	－	＋	－	＋	－	＋	－	1/3 剩余蜜二糖
＋	＋	－	＋	＋	＋	－	＋	1/3 剩余蔗糖

同化碳源：

葡萄糖	＋	蜜二糖	－
麦芽糖	＋	蜜二糖	－
半乳糖	＋	纤维二糖	－
蔗糖	＋	D-木糖	－
乳糖	－	可溶性淀粉	－
棉子糖	＋	D-阿拉伯糖	－
		L-阿拉伯糖	－

乙醇　　一

不分解杨梅苷。

同化氮源：

硝酸钾　　一　　硫酸铵　　+

啤酒酵母分布在各种水果的表皮、发酵的果汁、土壤（尤其是果园土）、酒曲。

啤酒酵母除了酿造啤酒（上面发酵）、酒精及其他饮料酒以外，又可发面制面包。菌体之维生素、蛋白质含量高，可作食用、药用和饲料酵母，又可提取核酸、麦角醇、谷胱甘肽、细胞色素C、凝血质、辅酶A、三磷酸腺苷、Ceroline（啤酒酵母所含的脂肪）。它的转化酶可用于转化糖和巧克力的制造。啤酒酵母和葡萄汁酵母在某些甾体化合物的转化当中可代替一部分化学反应。譬如将长效口服避孕药炔雌醇环戊醚的中间体 3－甲氧基-8,14开链 1,3,5(10) 9 雌四烯-14,17二酮的C_{17} 上进行β位加氢后产生有旋光性的 3－甲氧基-8,14 开链 1,3,5 (10) 9 雌四烯 -14 酮-17β 醇，从而使以下的反应产物都具有旋光性。这样得到的炔雌醇环戊醚也是有光学活性的物质。比全部化学合成的外消旋体不但提高了产量，服药量减少，同时也减低了副作用。在维生素的微生物测定中常用啤酒酵母测定生物素、泛酸、硫胺素、吡哆醇、肌醇等。

过去在我国对啤酒酵母的应用仅限于白酒酿造、酒精生产、药用酵母片的制造以及食品工业发面。近来大搞综合利用，为啤酒酵母的用途打开了广阔的天地。

在微生物中酵母的核酸含量较高。过去多用啤酒酵母提取核酸，但是随着核酸用途的日益增多以及应用之广泛，产量不多的啤酒酵母已不能满足需要。目前有些工厂改用培养方法简便而又经济的白地霉或其他酵母代替了啤酒酵母，因此需要量很大的植物生长调节剂——七〇二（核酸降解物）等产品得以在各地推广以提高作物产量。某些资本主义国家曾把这种植物生长调节剂作为“专利”进行垄断。现在我国在毛主席革命路线指引下，从“**备战、备荒、为人民**”的需要出发，已将它应用于农业的群众性科学实验。

甘蔗厂用废糖蜜培养的啤酒酵母，啤酒厂的啤酒酵母，酿酒厂的酒糟酵母都可提取核酸，提取过核酸的菌体还可作为药用酵母和饲料酵母。利用桔青霉的5′-磷酸二脂酶降解酵母核酸可得核苷酸或“七〇二”。将核苷酸分离纯化后可得增鲜剂5′-肌苷酸及5′-腺苷酸等单核苷酸。5′-腺苷酸经光合磷酸化作用又可制成腺三磷(ATP)。

此外，从啤酒酵母或其他酵母还可生产辅酶A、细胞色素C、辅酶I、谷胱甘肽、凝血质、麦角固醇、卵磷脂、海藻糖、多种氨基酸等许多产品。

葡萄汁酵母（*Saccharomyces uvarum* Beijerinck）

娄德1952年将卡尔斯伯酵母（*Saccharomyces carlsbergensis* Hansen），娄哥酵母（*Saccharomyces logos* V. Zaer et Denamur）和葡萄汁酵母按细胞大小和长宽比例来区分，到1970年将这三种合并成一种——葡萄汁酵母，它与啤酒酵母的主要区别是全发酵棉子糖。

在麦芽汁中25℃培养3天，细胞圆形、卵形、椭圆或长形（图68-1），按细胞宽度和大小可分三群：第一群细胞大4.0—10.0×5.5—16.0(—25)微米，第二群细胞小2.5—6.5×5.0—11.5(—22)微米，第三群为中间型3.5—8.0×5.0—11.0（—20）微米，管底有菌体沉淀，发酵强，培养液混浊。

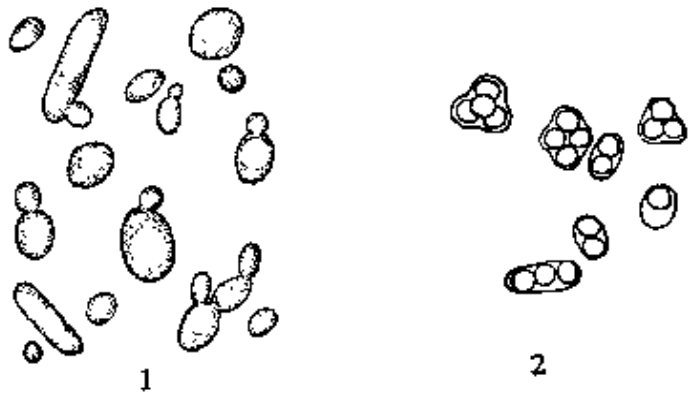


图68　葡萄汁酵母
1. 细胞　2. 子囊孢子

在麦芽汁琼脂培养基上生长的菌落为乳白色、平滑、有光泽、边缘整齐。

在加盖片的玉米粉琼脂培养基上培养不形成假菌丝或有不发达的假菌丝。

子囊孢子：由营养细胞直接形成子囊，每囊含有1—4个圆形或椭圆形，表面光滑的子囊孢子（图68-2）。有时可见到子囊孢

子接合的现象。

发酵：

葡萄糖	+	乳糖	−
麦芽糖	+	棉子糖	+全发酵
半乳糖	+	蜜二糖	+
蔗糖	+		

同化碳源：

葡萄糖	+	纤维二糖	−
半乳糖	+	D-木糖	−
麦芽糖	+	可溶性淀粉	−
蔗糖	+	D-阿拉伯糖	−
乳糖	−	L-阿拉伯糖	−
棉子糖	+	乙醇	±
蜜二糖	+		

不分解杨梅苷。

同化氮源：

硝酸钾	−	硫酸铵	+

葡萄汁酵母与发酵工厂关系密切，常可由果酒和啤酒厂分离出这种酵母。葡萄汁、果汁、土壤等处也有它的踪迹。

卡尔斯伯酵母由丹麦卡尔斯伯(Carlsberg)地方而得名，是啤酒酿造业中的典型“底层酵母”又可做食用、药用和饲料酵母。麦角醇含量也较高。除此之外，卡尔斯伯酵母是维生素测定菌，可测定泛酸、硫胺素、吡哆醇、肌醇。

裂殖酵母属(*Schizosaccharomyces* Lindner)

细胞椭圆形、圆柱形，营养繁殖为裂殖，有的有真菌丝并可断裂成裂生子，有的无菌丝，主要由营养细胞接合后形成子囊，子囊孢子圆球形或卵形，具有发酵能力。不同化硝酸盐，在某些培养基中有淀粉反应。娄德(1970)录 4 个种和 2 个变种。

粟酒裂殖酵母(*Schizosaccharomyces pombe* Lindner)

在麦芽汁中25°C培养3天，细胞圆柱形或圆筒形，末端圆钝，也有的呈椭圆形3.55—4.02×7.11—24.9微米（图69-1）。营养繁殖为裂殖，无真菌丝，无酵。在麦芽汁中能发酵，液体混浊有沉淀。

培养在麦芽汁琼脂斜面上的菌落乳白色、光亮、平滑、边缘整齐。

在加盖片的马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上培养不生成假菌丝，也无真菌丝。

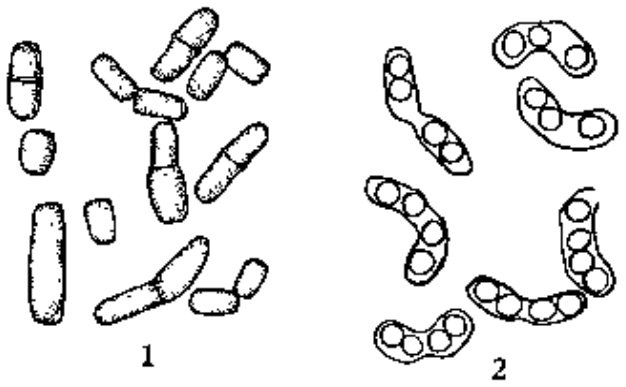


图69 粟酒裂殖酵母
1.细胞 2.子囊孢子

子囊孢子：由两个营养细胞接合后形成子囊，每囊1—4个圆形光面的子囊孢子，大小为3—4微米(图69-2)。

发酵：

葡萄糖	+	乳　糖	—
麦芽糖	+	棉子糖	+
半乳糖	—	蜜二糖	—
蔗　糖	+		

同化碳源：

葡萄糖	+	蜜二糖	—
麦芽糖	+	纤维二糖	—
半乳糖	—	D-木糖	—
蔗　糖	+	可溶性淀粉	—
乳　糖	—	D-阿拉伯糖	—
棉子糖	+	L-阿拉伯糖	—
		乙　醇	—

同化氮源：

硝酸钾	—

最早是由非洲粟米酒中分离出来，以后不同的人曾多次在甘蔗糖蜜中将它分离出来。在水果上也常能找到粟酒裂殖酵母。

有人曾研究粟酒裂殖酵母在用菊芋(鬼子姜)制成的未水解的糖液中发酵能得到非常高产量的酒精。

八孢裂殖酵母(*Schizosaccharomyces octosporus* Beijerinck)

麦芽汁 25°C 培养 3 天，细胞圆筒形或方形、椭圆形，5.92×5.92—14.22 微米(图 70-1)。营养繁殖为裂殖。液面无菌醭，液清，菌体沉于管底。

图 70　八孢裂殖酵母
1. 细胞　2. 子囊孢子

在麦芽汁琼脂斜面上菌落乳白色、无光泽、边缘整齐。

在加盖片的马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上培养无真菌丝，亦不生假菌丝。

子囊孢子：由 2 个营养细胞接合后形成子囊，每囊 4 — 8 个圆或短椭圆形子囊孢子(图 70-2)。

发酵：

葡萄糖	+	乳糖	—
麦芽糖	+	棉子糖	—
半乳糖	—	蜜二糖	—
蔗　糖	—		

同化碳源：

葡萄糖	+	蜜二糖	—
麦芽糖	+	纤维二糖	—
半乳糖	—	D-木糖	—
蔗　糖	±	可溶性淀粉	—

乳　糖	--	D-阿拉伯糖	—
棉子糖	—	L-阿拉伯糖	—
		乙醇	—

同化氮源：

硝酸钾	—

曾经从蜂蜜、粗制蔗糖和水果上分离到八孢裂殖酵母。

II. 真子囊菌亚纲(Euascomycetes)

真子囊菌类的雌雄两性细胞结合后形成产囊丝，由产囊丝再发育成子囊。子囊大都包围在由不育菌丝所结成的子囊果中。真子囊菌类的子囊果有闭囊壳、子囊壳、子囊盘等三种类型（参见图 22 ）。

在这个亚纲中，根据子囊和子囊果的形态，又分为三大类别，即不整子囊菌组(Plectomycetes)，核菌组 (Pyrenomycetes)和盘菌组 (Discomycetes)。真子囊菌亚纲中"目"的划分在各真菌分类工作者多有不同见解，在此我们不将"目"的名称一一列出，仅从三大组菌类中选其常见与常用的属种重点介绍于下。

不整子囊菌组

这类菌的主要特征有二：1. 子囊果为闭囊壳，无孔口；2. 子囊球形或棒状，而且不规律地散生于闭囊壳中。

曲霉目(Plectascales)

曲霉科(Eurotiaceae)

红曲霉属(*Monascus* van Tieghem)

红曲霉在麦芽汁琼脂上生长良好，菌落初为白色，老熟后变为

淡粉色、紫红色或灰黑色等，因种而异。通常这类菌都能形成红色色素，甚至分泌到培养基中。菌丝具横隔，多核，分枝甚繁，且不规律。细胞幼时含有颗粒，老后含空泡及油滴，菌丝体不产生与营养菌丝有区别的分生孢子梗。分生孢子着生在菌丝及其分枝的顶端，单生或以向基式生出，2—6个成链。闭囊壳球形，有柄，柄长短不一。闭囊壳内散生十多个子囊，子囊球形，含8个子囊孢子，成熟后子囊壁解体，孢子剩留在薄壁的闭囊壳内。然而定属人最初误认为仅含一个子囊，故命名为单子囊菌，实属错误。

红曲霉是腐生菌，嗜酸，特别喜乳酸，耐高温，耐乙醇。它们多出现在乳酸自然发酵的基物中。大曲、制曲作坊、酿酒醪液、青贮饲料、泡菜、淀粉厂等都是适于它们繁殖的场所。

红曲霉生长最低温度为26°C，最高为42°C，最适为32—35°C。生长最适pH值为3.5—5，能耐pH 2.5。耐10%乙醇。它们都能利用淀粉、糊精、棉子糖、麦芽糖、蜜二糖、纤维二糖、蕈糖、葡萄糖、甘露糖、木糖、L-阿拉伯糖、甘露醇、山梨醇、乙醇、甘油、乳酸、苹果酸、琥珀酸、延胡索酸、柠檬酸等为碳源。能同化硝酸钠、硝酸铵、硫酸铵，然而有机氮是它们最好的氮源。红曲霉能自己合成生物素、泛酸、尼克酸，对氨基苯甲酸、肌醇、吡哆醇、硫胺素、核黄素等，故在无维生素的合成培养基中能生长。

红曲霉能产生淀粉酶、麦芽糖酶、蛋白酶、柠檬酸、琥珀酸、乙醇、麦角甾醇等。有些种产生鲜艳的红曲霉红素和红曲霉黄素，所以我国多用它们培制红曲，故被人们所重视而加以研究。

红曲霉已描述过17种，然而其中有些种的界限不明确。

紫色红曲霉(*Monascus purpureus* Went)

此菌在麦芽汁琼脂上，菌落成膜状的蔓延生长物，表面有皱纹和气生菌丝。菌丝体初白色或粉色，老熟后红紫色或葡萄酱紫色。菌落背面紫红色。菌丝有隔、分枝、多核，含橙红色颗粒，直径3—7微米。分生孢子单生或成链，球形或梨形，直径6—9微米，或9—11×6—9微米。闭囊壳橙红色，球形，直径25—75微米。子

囊球形，含 8 个子囊孢子，成熟后即消失。子囊孢子卵圆形、光滑、无色或淡红色，5—6.5×3.5—5 微米(图 71)。

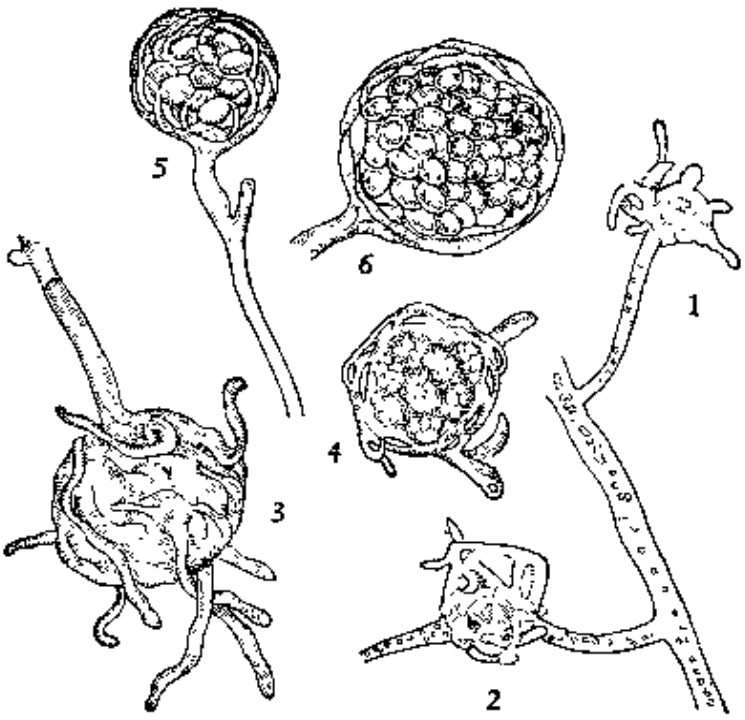


图 71　紫色红曲霉

1—3. 原闭囊壳　4—5. 未成熟的闭囊壳　6. 成熟的闭囊壳

此菌分布很广，常出现在乳品或乳制品中。定种人最早是从我国红曲中发现的。在赣、浙、闽、粤、台湾等地较多。此外，在各地大曲中也常遇到它。

此菌能发酵纤维二糖生酸，不能发酵蔗糖、果糖、山梨醇、D-阿拉伯糖等生酸。

烟色红曲霉(*Monascus fuliginosus* Sato)

此菌在麦芽汁琼脂上，菌落蔓延生长，成毡状，有气生菌丝。菌丝体初白色，逐渐变为灰黑色。菌落背面为红褐色。菌丝分隔、分枝、多核，含油滴与淡褐色颗粒，直径 2 — 7 微米。分生孢子单生或成链，球形或梨形，直径 4.5—11 微米，或 7 —12× 6 — 9 微米。闭囊壳褐色，球形，直径 30—50 微米，通常 30—40 微米。子囊球形，含 8 个子囊孢子，成熟后子囊壁即消失。子囊孢子卵圆形、光滑、褐色，4.5— 6 ×3.5— 5 (通常 3.5×4.5)微米(图 72)。

此菌分布于贵州省，大曲中有它存在，在著名的茅台酒醪液中数量最多。

此菌能发酵纤维二糖、蔗糖、果糖、山梨醇、D-阿拉伯糖等生酸。

红曲霉用途很多，我国早在明朝就用它们培制红曲。红曲可

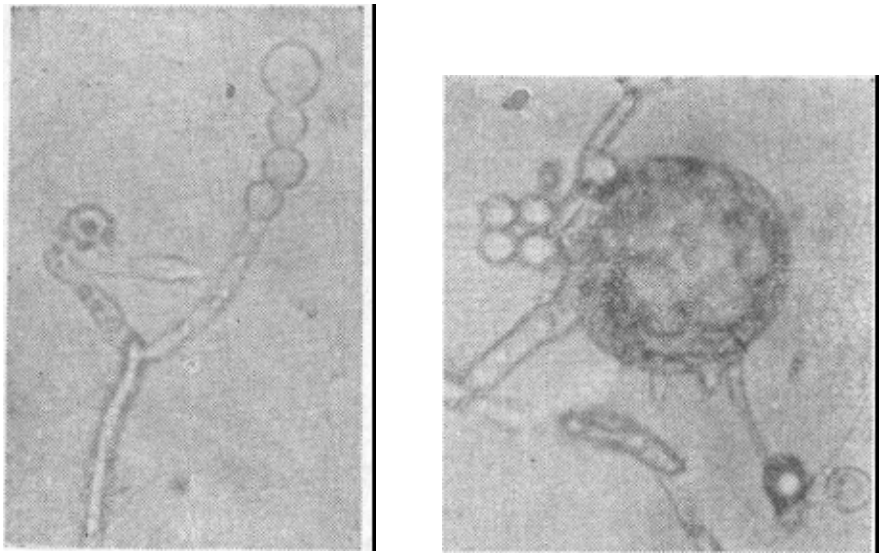


图 72　烟色红曲霉

左：分生孢子、雄器和产囊器　　右：成熟的闭囊壳

作中药。如本草纲目所记载："主治：消食活血，健脾燥胃，治赤白痢、下水谷；酿酒破血行药势，杀山岚瘴气，治打扑伤损；治女人血气痛，及产后恶血不尽，搐酒饮之，良。"红曲又可作为食品染色剂和调味剂，据说还能保存食物，如《天工开物》一书所述："凡丹曲一种，法出近代，其义莫神奇，其法气精变化，世间鱼肉最朽腐物，而以此物薄施涂抹，能固其质，于炎暑之中，经历旬日，蛆蝇不敢近，色味不离初，盖奇药也。"是否有此作用尚待证实。福建、台湾等东南诸省，用红曲酿制红酒，俗称老酒，闻名于世。红曲还能制醋，如福建平湖曲醋驰名。紫红曲霉产生糊精化酶、糖化酶、麦芽糖酶等，用它水解淀粉最终产物为葡萄糖，近年来已用于工业生产。

曲霉科还有二属用途极广的真菌，即曲霉属、青霉属，由于其中许多种目前还未发现它们的有性世代，为便于彼此比较和鉴别，我们将其重要种列入半知菌纲加以介绍。

核　菌　组

它们主要特征是：1. 子囊果球形、椭圆形或长形，有或无孔口；2. 子囊成簇或成层地生于子囊果内。

白粉菌目(Erysiphales)

白粉菌科(Erysiphaceae)

白粉菌属(*Erysiphe* Hedw. f. ex Fr.)

本属全是专性寄生菌，至今还无法使它们在培养基上生长。它们危害多种经济植物，引起白粉病。绝大多数的白粉菌的菌丝都在寄主的表面，随着菌丝的扩展，以吸胞伸入表皮细胞内吸取养料。白粉菌无性繁殖产生链状粉孢子，孢子梗直立地着生在寄主表面的网状交错扩散的菌丝体上，不分枝。每一个孢子梗产生数个以至于20个粉孢子，这些孢子陆续成熟，相继脱落。多数白粉菌的粉孢子，能在几乎没有湿气的情况下萌发，这可能是有些白粉病在很干燥的环境中仍极猖獗的原因之一。白粉菌的有性生殖经雄器与产囊器的配合而产生子囊，子囊在闭囊壳内。闭囊壳壁的外层细胞变成暗色，并在一定的位置上长出一定形状的附属丝。附属丝的形状和子囊的数目是本科分属的主要依据。

麦类白粉菌(*Erysiphe graminis* DC.)

无性阶段(*Oidium moniliodes* Desm.)

危害麦类及其他禾本科植物，以叶片为主，叶鞘、秆及花器亦可受害。最初在叶表生白色霉点，逐渐扩大，霉斑的表面如撒有一层白粉，后霉斑颜色逐渐加深，霉层变厚，上面散生黑色粒点，即病菌的闭囊壳。病叶逐渐变黄褐而枯死。

菌丝体多表生于叶片正面，以吸胞伸入寄主表皮细胞吸取养料。吸胞椭圆形，两端生有指状分枝。孢子梗与菌丝垂直，直立，顶端串生粉孢子。粉孢子10—20个成串，单胞，椭圆形，无色，大小25—30×8—10微米。闭囊壳球形，黑色，直径135—280微米，闭囊壳外壁细胞具丝状附属丝。闭囊壳内有9—30个子囊，子囊圆形或卵形，内含子囊孢子4—8个。子囊孢子圆形，单胞，无色；

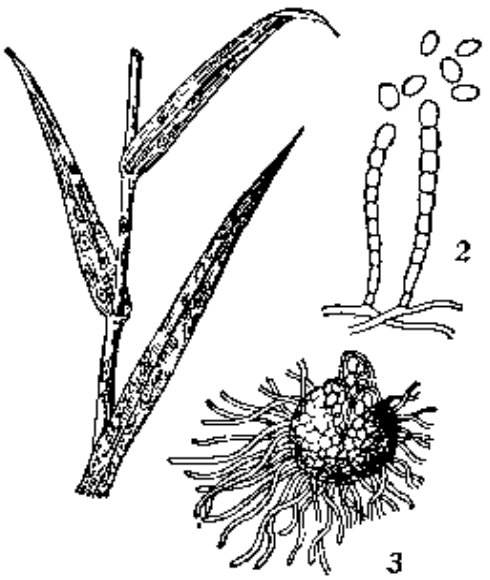


图 73　麦类白粉菌

1. 受害麦叶　2.　成串的粉孢子　3. 具附属丝的闭囊壳内有子囊及子囊孢子

20—23×10—13 微米(图 73)。

此病在长江流域普遍发生，华北较少。在病害严重地区，喷洒 0.3—0.5°Be 石灰硫磺合剂或可湿性硫磺进行防治。

球壳目(Sphaeriales)

(I)长喙壳科 (Ceratostomataceae)

长喙壳属(*Ceratocystis* Ellis & Halst.)

有人根据长喙壳属的子囊散生于子囊壳内而列于曲霉目。这属菌的所有种都能在合成培养基上生长，然而不是所有的种都能保持其活力，移代二、三次后，则只能形成不生育的营养菌丝体，而失去它们原有的性状。菌落幼时透明或白色，有些种颜色无变化，但大多数种在几天之内有明显的变化，特别是较老的部分逐渐变暗。菌落的色泽或由淡褐色变为黑色，或由灰色经绿灰（或橄榄色）而变为黑色。大多数种气生菌丝能保持白色，底部菌丝则色暗而粗糙，所以在琼脂表面上常出现颜色变化的指征。

菌丝有横隔和不规律地分枝。这属菌中某些种为内生分生孢子，而另一些种则为外生分生孢子，前者产生在内生分生孢子梗中，通常由梗的顶端渗出。后者即一般的分生孢子，两者都是单细胞。长喙壳属的子囊壳特征明显，它们具有细长的颈，而且基部较宽。子囊壳单生或成簇，着生在基物的表面，或埋于基物的内部，不形成子座。子囊近圆形，散生于子囊壳中。子囊壁易消失。子囊之间无不育菌丝。

长喙壳是子囊菌中较重要的一属，其中有些种为农作物的病原菌，另一些种则侵害树木或林产品。此属菌已报道过的有 39 种。今只选一例。

甘薯黑斑病菌(*Ceratocystis fimbriata* Ellis & Halst.)

此菌在麦芽汁琼脂平板上，于 22—24°C 培养，菌落初白色、棉絮状，2—3 天即变为浅褐色，老后为绿褐色，琼脂表面的菌丝体变暗，48 小时内形成分生孢子，一周后子囊壳成熟，菌落直径约 20 毫米，培养物具香蕉油或水果香味。气生菌丝无色到淡褐色，分枝，分隔，壁薄，其顶端即内生分生孢子梗，直径 2—6 微米。底部菌丝色暗，多交织成膜。内生分生孢子梗淡褐色，顶端透明，分隔，壁薄，顶部逐渐变细，25—125×4—6 微米。内生分生孢子有二种类型：其一透明，短柱状，两端缩成圆形，11—16×4—5 微米，或 16—30×4—9 微米。另一类型，淡褐色至橄榄褐色，鼓状或近球形，壁光滑或粗糙，9—16×6—13 微米，或 12—19 微米。

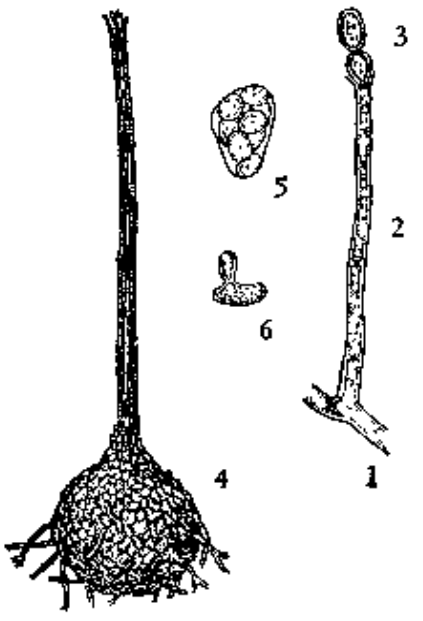


图 74　甘薯黑斑病菌

1. 营养菌丝　2. 分生孢子梗　3. 分生孢子　4. 具长颈的子囊壳　5. 子囊　6. 子囊孢子萌发

子囊壳生于基物表面或埋于内部，褐色或黑色，球形，基部平坦，直径 130—200 微米。颈黑色，顶端透明，纤细，长 800 微米，直径：基部 20—35 微

米，顶部 10—20 微米。颈内孔道中有纤细的菌丝，数量 8—15 根，50—90×2—3 微米。子囊成熟即消失。子囊孢子具胶质鞘，帽形，4.5—8×2.5—5.5 微米（图 74）。

此菌为害菌，引起甘薯黑斑病，为植物十大病害之一。

(II)球壳菌科(Sphaeriaceae)

脉孢菌属(*Neurospora* Shear et Dodge)

脉孢菌俗称链孢霉，也有人把它列入粪壳菌科(Sordariaceae)。它们在马铃薯琼脂或玉米粉琼脂上生长良好。菌落最初白色、粉粒状，很快变为淡黄色、绒毛状。菌落成熟后，上层覆盖成团块的分生孢子。菌丝蔓延生长，透明，有横隔，多核，生孢子的菌丝，不规律地向空中生长，即气生菌丝。气生菌丝有横隔，呈双叉式分枝。分生孢子球形或近似球形，成链，单细胞，子囊壳簇生或散生，光滑或具有松散的菌丝，褐色或褐黑色。孔口乳头状或短嘴状。子囊壳内最初充满具分隔的菌丝，有人称侧丝，当形成子囊时此菌丝即消失，继子囊之发育而充满子囊壳。子囊孢子初无色、透明，成熟后变为黑色或绿黑色，并且带有纵的纹饰故称脉孢菌。

脉孢菌是腐生菌，在生霉的玉米上，特别玉米轴上，常看到它们。这属菌现在已报道过的有 12 种。今列出 3 种。

三种链孢霉的检索表

1. 子囊壳直径 200—300 微米……好食脉孢菌(*N. sitophila*)
   子囊壳直径大于 300 微米……2
2. 子囊孢子通常 23×13 微米……间型脉孢菌 (*N. intermedia*)
   子囊孢子通常 27—30×14—15 微米……粗糙脉孢菌 (*N. crassa*)

粗糙脉孢菌(*Neurospora crassa* Shear & Dodge)

此菌在玉米粉琼脂上，菌落初为粉粒状，后疏松地展开，并且

于试管壁边缘形成绒毛状气生菌丝，粉红色至浅橙色。菌丝体松散，四周蔓延，具横隔。生孢子菌丝向空间生长，双叉式分枝。分生孢子成链，有孢隔，球形或近球形，光滑，多聚成团块，黄色至淡橙红色，直径 6—8 微米，大多数为 6—7 微米。

子囊壳簇生或散生，近球形，或生于基物表面，或埋于基部内部，光滑或带有疏松的菌丝，初黄褐色，后变为黑褐色，壁厚，褐色，直径 400—600 微米。孔口平钝、或圆椎形，黑色。子囊圆柱形，150—175 × 18--20 微米，下有短柄，顶端有厚而胶质化的环。子囊内含 8 个子囊孢子，成单行排列，孢子椭圆形，有 20 个具分叉的纵的脊纹，初橄榄绿色、后变为暗褐黑色，23—32×11—16（一般 27--30×14—15）微米（图 75）。

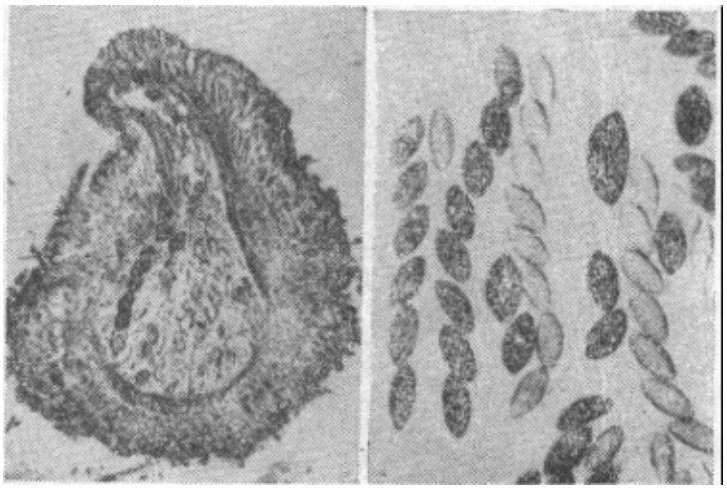


图 75　粗糙脉孢菌
左：子囊壳　右：子囊孢子

好食脉孢菌（*Neurospora sitophila* Shear & Dodge）

此菌在玉米粉琼脂上，菌落成丛，初为粉粒状，后为绒毛状。分生孢子聚成团，鲑色到橙红色。菌丝体透明，四周蔓延，有横隔。生孢子的菌丝不规律地向空中生长，有横隔，呈双叉式分枝。分生孢子成链，有孢隔，球形或近似球形，光滑，淡鲑色到橙红色，直径 10—12（一般 11）微米。

子囊壳簇生或散生，或生于基物表面，或埋于内部，光滑或带有疏松的菌丝，褐色到黑褐色，直径 200—300 微米。孔口乳头状。子囊圆柱形，140—160×12—14 微米，有短柄，顶端有厚的而且胶质化的环，内含 8 个孢子。子囊孢子单行排列，椭圆形，具 16—17 个带分叉的脊纹。由橄榄色到淡黑绿色，20—26×10—15（一般 23—25×13—15）微米（图 76）。

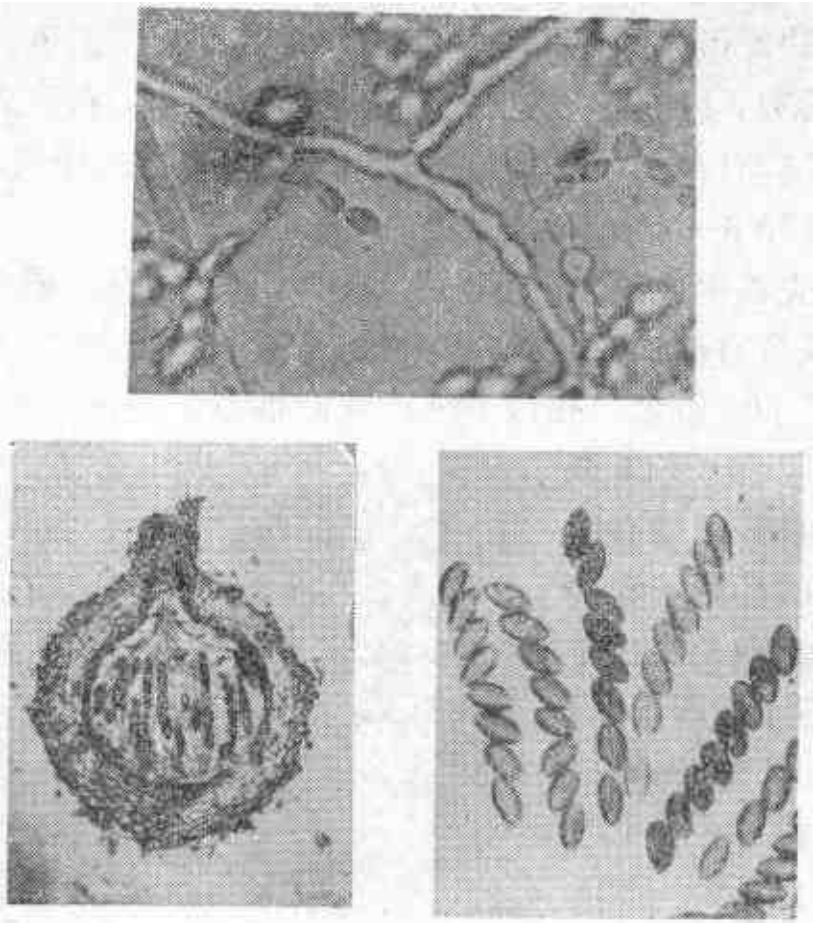


图 76　好食脉孢菌

上：菌丝和分生孢子　下左：子囊壳　下右：子囊孢子

间型脉孢菌(*Neurospora intermedia* Tai)

此菌在葡萄糖琼脂上，分生孢子成团，番红花色，成链，球形到卵形，11—21×10—11 微米。子囊壳簇生或分散，暗褐色，直径 310—640 微米。孔口乳头状。子囊圆柱形，有短柄，170—200×15 微米，含 8 个子囊孢子。子囊孢子单行排列，椭圆形，暗绿色，有纵的纹饰，19—26×12—15(一般 23×13)微米。

脉孢菌有人称为红色面包霉，其分生孢子耐高温，湿热 70°C 4 分钟后才失去活力，而干热可耐 130°C。它们是制面包的害菌。特别是好食脉孢菌，常造成面包“红霉病”。它破坏包装好的或切开的面包。这类菌也是一种空气中的杂菌，在微生物学实验中，往往被它们所污染，因面它们与犁头霉一样令人讨厌。

脉孢菌也有许多用途，如粗糙脉孢菌的某些变异或诱变菌株，

可用来作为生物素、胆碱、肌醇、硫胺素、对氨基苯甲酸、组氨酸、白氨酸、赖氨酸、色氨酸、脯氨酸等的生物测定菌。而好食脉孢菌可测定吡哆醇、吡哆醛、吡哆素、尼克酸等。有人用它增加酒的香味。间型脉孢菌有产蛋白酶能力。

脉孢菌是研究遗传的好材料，它们之中有些种为异宗配合，如好食脉孢菌的每个个体都是雌雄同株，然而不能自交受孕，需要两个菌系（或称交配型）交配后，才能产生子囊壳。另外它们的子囊很狭细，在其中进行分裂的细胞核严格地按直线方式顺序排列。因此通过减数分裂和普通分裂而形成的 8 个子核，以及由子核所发育成的子囊孢子，在遗传组成上，或 8 个孢子排列顺序上都很规律。这就为获得某一性状的菌系提供有利的条件。所以常用它们作生化遗传的研究。例如将野生型与某一生理突变型杂交后，来观察其子代的生理变化，或子株分离的对比数。

用稻草培养脉孢菌可制成稻草曲，它含有丰富的维生素 B_{12}，是喂猪的一种好饲料。

(III) 粪壳菌科(Sordariaceae)

粪壳菌属(*Sordaria* Cesati & de Notaris)

这一属真菌通常在草食或杂食动物、鸟类及鼠类的粪上分离到，有机肥、蔗杆、及土壤中也有时分离到它，属于粪生真菌类群。它的经济价值还了解不多，有人报道这个属的某些种具有很强的纤维素酶的活性。蛛网状粪壳菌（*Sordaria araneosa*）产生抗生素（SL 2266），可抗人体致病性真菌及酵母。有人用粪生粪壳菌（*Sordaria fimicola*）作测定生物素的测定菌。在较老的真菌学著作中，这一属包括具有暗色的、1 个细胞的孢子，孢子有附属丝或受粘液包围等类型庞杂的子囊菌。莫瑞（Moreau, 1953）对这属采用了一个比较限制的概念，只限于不具附属丝的孢子，但孢子具有无色的外膜的种，这种膜在水里会膨胀。而一端或两端具有附属丝的种则认为属于附丝粪壳属（*Pleurage* Fries）。

子囊壳壁的透明程度、子囊壳和子囊孢子的形状、量度，子囊孢子的粘液鞘边及附属器的形状、孢壁的光滑与粗糙程度是分类的依据。

大孢粪壳菌(*Sordaria humana* (Fuck.) Wint.)

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂上淡褐色，培养一周后在试管斜面末端及边缘形成散生至群生的子囊壳。子囊壳壁无毛，呈梨形至洋梨形，有乳头状的喙部，有时喙部不明显，而在大而圆的壳上有裸露的孔口。子囊壳直径 260—400 微米，高达 600 微米。子囊圆柱形，顶端圆或平截，基部渐细成短柄，有孢子部分 160—200×17—20微米，成熟后囊壁易消解，有侧丝，子囊孢子 8 个，单行排列，椭圆形或广倒卵形，20—25×14—18 微米，初期无色后变成青黄色，最后暗褐色。子囊孢子的周边有一层粘液鞘边，在刚制片后立即观察甚明显，但很快在水中膨胀而消失(图 77)。

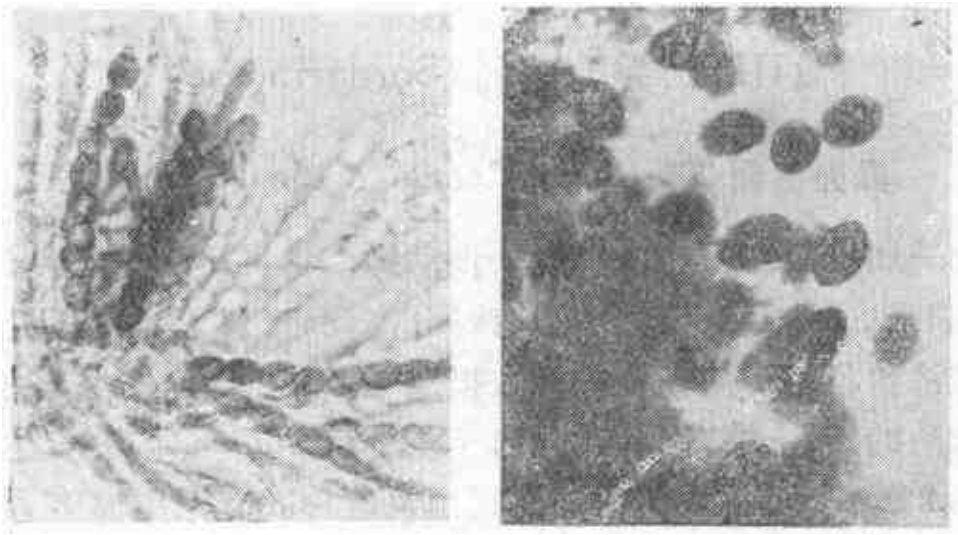


图 77　大孢粪壳菌

左：子囊　右：子囊孢子

分布于草食及杂食动物、鸟类及鼠类的粪上、有机肥及土壤中，遍布于全国各地。

毛壳菌目(Chaetomiales)

毛壳菌科(Chaetomiaceae)

毛壳菌属(*Chaetomium* Kze. ex Fr.)

毛壳菌是常见的霉腐菌的成员，它广布于自然界的各种基物和发霉的含纤维素的日常用品上，包括植物残体、土壤、草食和杂食动物以及鸟类和鼠类的粪，植物和各类作物的种籽、木材、橡胶、塑料、皮革以及含纤维素制品，容易分离得到毛壳菌。它们的大多数种都含有较强的纤维素酶，尤其是球毛壳菌(*Chaetomium globosum*)及绳生毛壳菌(*Chaetomium funicolum*)的纤维素酶活性更高。毛壳菌在工业上的应用价值还处于实验室探索阶段，据报道高大毛壳菌(*Chaetomium elatum*)产生用作催泻剂的大黄根酚($C_{15}H_{10}O_4$)及大黄素($C_{15}H_{10}O_5$)。金黄毛壳菌(*Chaetomium aureum*)及几种毛壳菌可产生多羟基——二酚二醌(Polyhydroxydiphenyediquinone)，印度毛壳菌(*Chaetomium indicum*)产生三碲基酸及简单的酚化合物等有机质。卷毛壳菌(*Chaetomium cochliodes*)、螺旋毛壳菌(*Chaetomium spirale*)产生毛壳菌素(Chaetomin)是一种抑制细菌的抗生素，而三侧毛壳(*Chaetomium trilaterale*)、金黄毛壳菌所产生的卵孢霉素($C_{14}H_{10}O_8$)是抗真菌抗生素。一种毛壳菌产生类似赤霉素的活性物质。

此属菌丝丝状、透明、有隔、交织；子囊壳表生、球形、卵形、瓶形、桶形、顶端有一孔口。子囊壳壁细胞状构造、膜质、透明或不透明，易破裂，着生各种形式的附属丝，通常分化为须根、侧生附属丝、和顶生附属丝。须根根状，功能为固定和吸收养分。侧生附属丝通常丝状、较短、直或微弯曲。顶生附属丝很长，分枝或不分枝，刚毛状、丝状、浪状、双叉状、不规则树杈状、弧弓状、松螺丝状、规则螺丝状、反卷扭曲状。子囊基部束生，棍棒形或圆柱形，囊壁早期消解。内含 8 个子囊孢子，不规则排列或排成单行。子囊孢子

单细胞，球形、椭圆形、柠檬形、纺锤形、三(四)角形，黄褐色、暗褐色或橄榄色。排溢出孔口外的子囊孢子干凝成长柱状或堆状。本属的某些种生分生孢子或厚垣孢子。厚垣孢子在菌丝上间生或顶生。

毛壳菌属分类的主要依据是发育成熟的子囊壳的形状、子囊壳壁生出的附属丝形状和直径，子囊孢子的形状及量度、子囊的形态。个别种出现的厚垣孢子及分生孢子是分类的次要性状。在鉴别子囊壳外部形态很近似的相邻种时，子囊孢子的形态与量度是最重要的分类性状。

引用的五种毛壳菌检索表

1. 顶生附属丝无双分叉分枝
   (1) 顶生附属丝波状弯曲或丝状，
   (i) 顶生附属丝末端有一明显弯钩，子囊孢子椭圆形……墙毛壳菌 (*Chaetomium murorum*)
   (ii) 顶生附属丝末端常渐窄细而近于直，无明显弯钩，孢子柠檬形……球毛壳菌 (*Chaetomium globosum*)
   (2) 顶生附属丝下部直径上有3—5螺旋圈，子囊孢子柠檬形……螺卷毛壳菌 (*Chaetomium cochliodes*)
2. 顶生附属丝有双叉分枝型
   (1) 子囊壳中等大小，顶生附属丝较细，直径 4—5 微米，子囊孢子椭圆形，相当小。……绳生毛壳菌 (*Chaetomium funicolum*)
   (2) 子囊壳大，顶生附属丝很粗，直径7—9微米，子囊孢子大，柠檬形。……高大毛壳菌 (*Chaetomium elatum*)

球毛壳菌 (*Chaetomium globosum* Kunze)

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上菌丝最初白色，后期淡褐色。子囊壳灰褐色至橄榄褐色，中等大小，散生或聚集，卵形，250—300×230—280 微米，借许多暗橄榄褐色的根须附着在基质上。侧生附属丝丝状、细、直或稍弯曲，浅橄榄褐色，微粗糙，有隔，基部直径 3.5 微米，向末端渐变细并趋透明。子囊棍棒形、透明，60—65×13—15微米，含有 8 个子囊孢子，不规则排列。子囊孢子柠檬形或广卵形而两端略尖，暗褐色至橄榄褐色，8.0—9.5×6.0—

8.0 微米(图 78)。

此菌遍布于全国各地土壤、各类植物种籽、草食或杂食动物粪,及其他含纤维素的物质上。

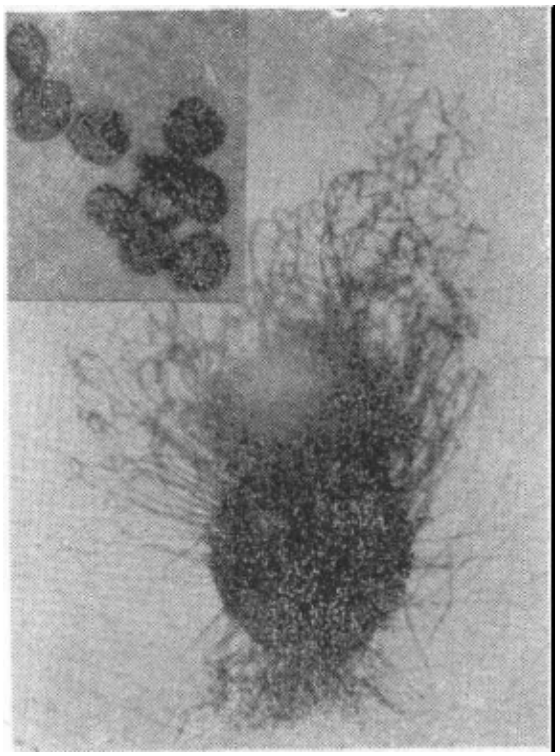


图 78　球毛壳菌的子囊壳　左上：为子囊孢子

墙毛壳菌 (*Chaetomium murorum* Corda)

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上菌丝很快变成淡褐色。子囊壳暗蓝色至蓝褐色，不透明，中等大小，球形至近球形，直径约240—300 微米，借暗褐色根须附着在基质上。侧生附属丝长，纤细，丝状，有隔，稍弯曲，暗橄榄褐色，末端渐变细而色退浅，粗 6.5 微米，近于光滑。顶生附属丝丝状，长而舒展，中部弧状弯曲，直径5.0—6.0 微米，末端具一个旋圈或钩状弯曲，有隔，近于光滑。子囊棍棒形，45—50×17—19 微米，含有 8 个子囊孢子，不规则排列。子囊孢子椭圆形，两端或一端稍尖，11—14(—16)×7.0—8 微米，浅褐色至深褐色(图 79)。

此菌遍于全国各地土壤、草食及杂食动物及鼠类鸟类粪中，植物与作物的种籽上也经常可分离得到它。

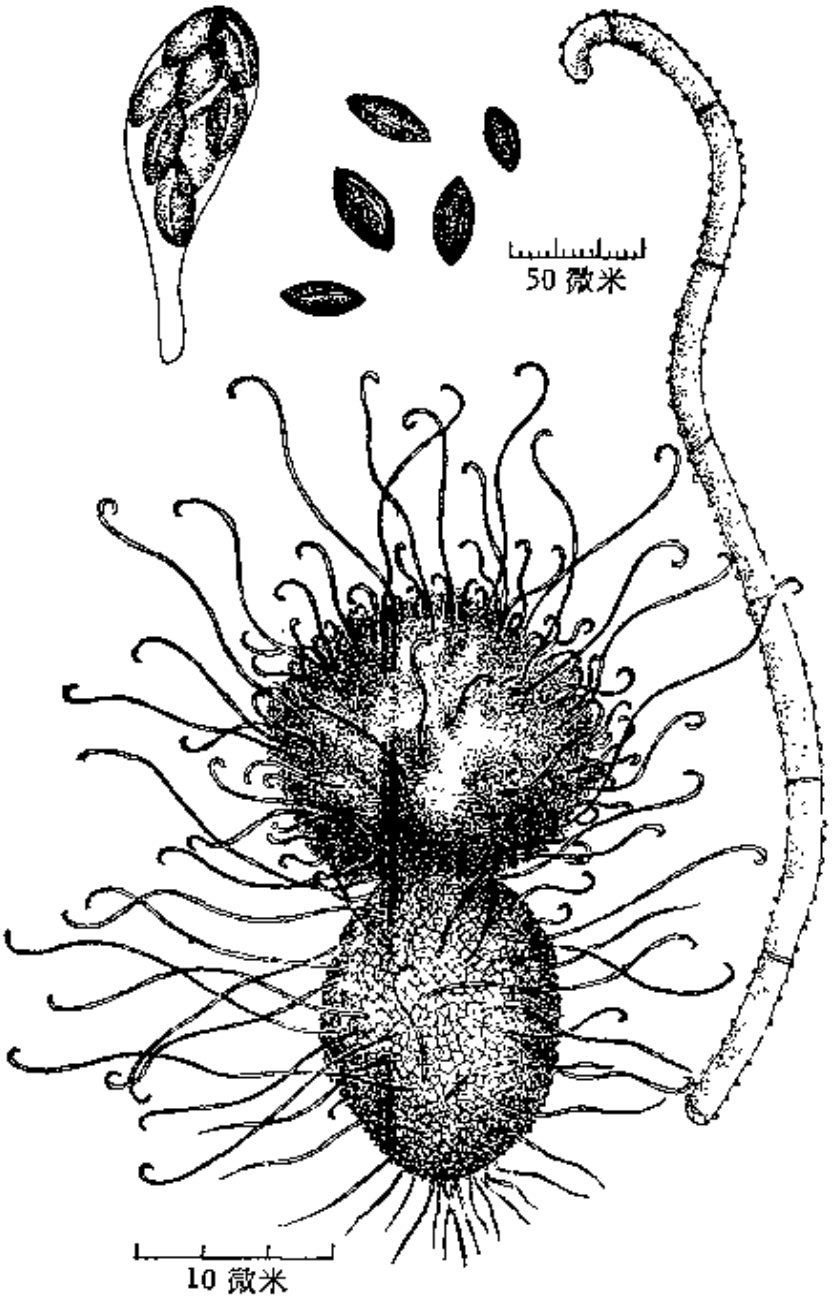


图 79　墙毛壳菌的子囊壳，顶生附属丝，子囊和子囊孢子

高大毛壳菌(*Chaetomium elatum* Kunze & Schmidt)

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂上菌丝白色，后期淡褐色。子囊壳黑褐色，大，卵形，直径 400—500×380—450 微米，借许多暗橄榄褐色的须根附着在基质上。侧生附属丝丝状，多，不分支，直或稍曲，暗橄榄褐色，直径 4—5 微米，向末端渐变细而色亦褪成近于透

明，有隔，粗糙。顶生附属丝粗大，直径 7—9 微米，2—4回双叉状分枝，长达 350 微米，分叉处呈广角，并常常反曲，披以菱形的突起或钝的刺状突起，最后的分叉的末端变细而色褪成透明。子囊棍棒形，5.6—6.5×16—19 微米，含有 8 个子囊孢子，不规则排列。子囊孢子暗褐色、柠檬形，10—14×8—10 微米，通常 12×9 微米（图 80）。

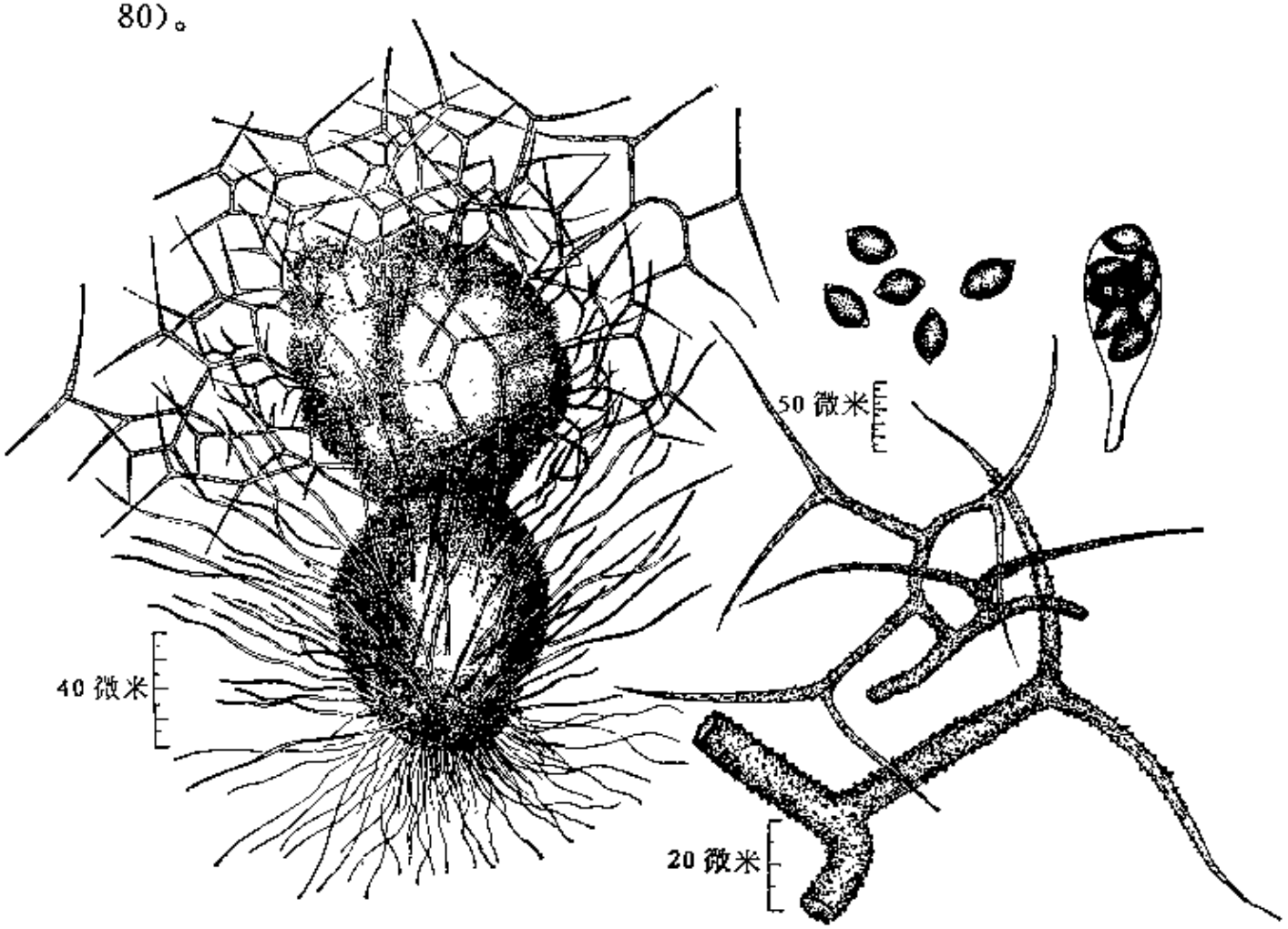


图 80　高大毛壳菌的子囊壳，顶生附属丝，子囊和子囊孢子

此菌在植物和作物的种籽及土壤中较多。

绳生毛壳菌（*Chaetomium funicolum* Cooke）

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂上菌丝浅黄至麦杆黄。子囊壳黄褐色，中等大小，近球形，140—180×110—150 微米，借许多暗褐色波浪状屈曲的须根附着在基质上。侧生附属丝丝状，较短，不分

枝，基部宽 4—5 微米，有隔，暗褐色，向末端渐变细而色亦渐褪；末端常折屈，微粗糙。顶生附属丝两种类型：(1) 不分支的刚毛状的顶生附属丝长达 375 微米，伸出叉网层之外的相当距离，少数的这类附属丝为叉网层所遮盖；(2) 叉状分枝顶生附属丝长达 180—200 微米，形成 2—4 回叉状分枝，分叉处呈锐角，直径 4—5 微米，常膨大与收缩相间，有细疣状突起或粗糙，淡褐色至黑褐色，向末端渐褪成浅色。子囊棍棒状，28—32×8.0—10 微米，含有 8 个子囊孢子，不规则排列。子囊孢子椭圆形，4.5—6×4.2—4.5微米，浅橄榄褐色(图 81)。

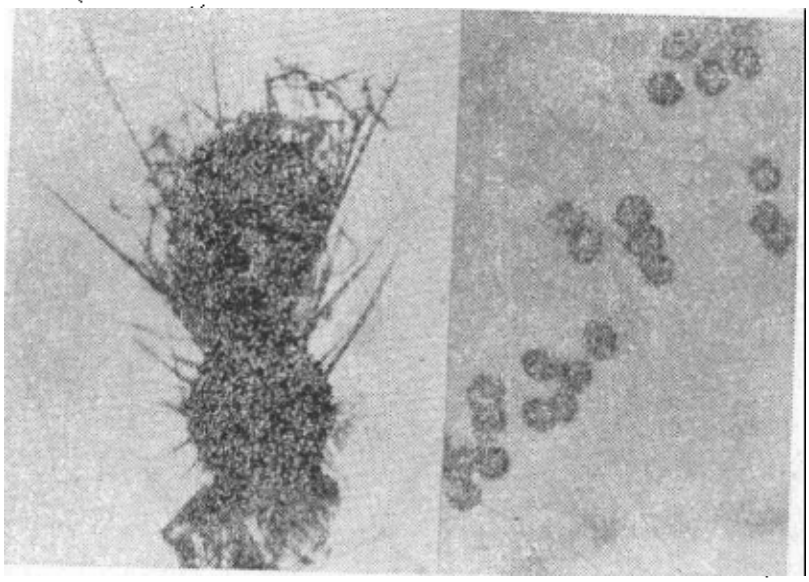


图 81　绒生毛壳菌

左：叉状顶生附属丝的子囊壳　右：子囊孢子

此菌与球毛壳菌的分布相同。

螺卷毛壳菌(*Chaetomium cochliodes* Palliser)

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂上菌丝浅黄褐色至浅褐色，子囊壳浅黄绿色至浅褐绿色，相当大，近球形，335—375×300—350 微米，借许多须根附着在基质上。侧生附属丝多，较短，不分枝，有隔，暗褐色，基部宽4—5 微米，末端渐变细而色亦渐褪。顶生附属丝两种类型：一类较粗，下部直，直径 5—7 微米，向上成 3—5 个螺旋圈，暗褐色，微粗糙；另一类型顶生附属丝较细，直径约 3.5 微米，色较浅，微粗糙，波浪状或不规则状屈曲，有时呈松螺丝状屈曲。子囊棍棒形，50—70×10—13 微米，含有 8 个子囊孢子，不规则排列。子囊孢子柠檬形，9—10.5×8—9 微米，橄榄褐色(图 82)。

此菌与球毛壳菌的分布相同。

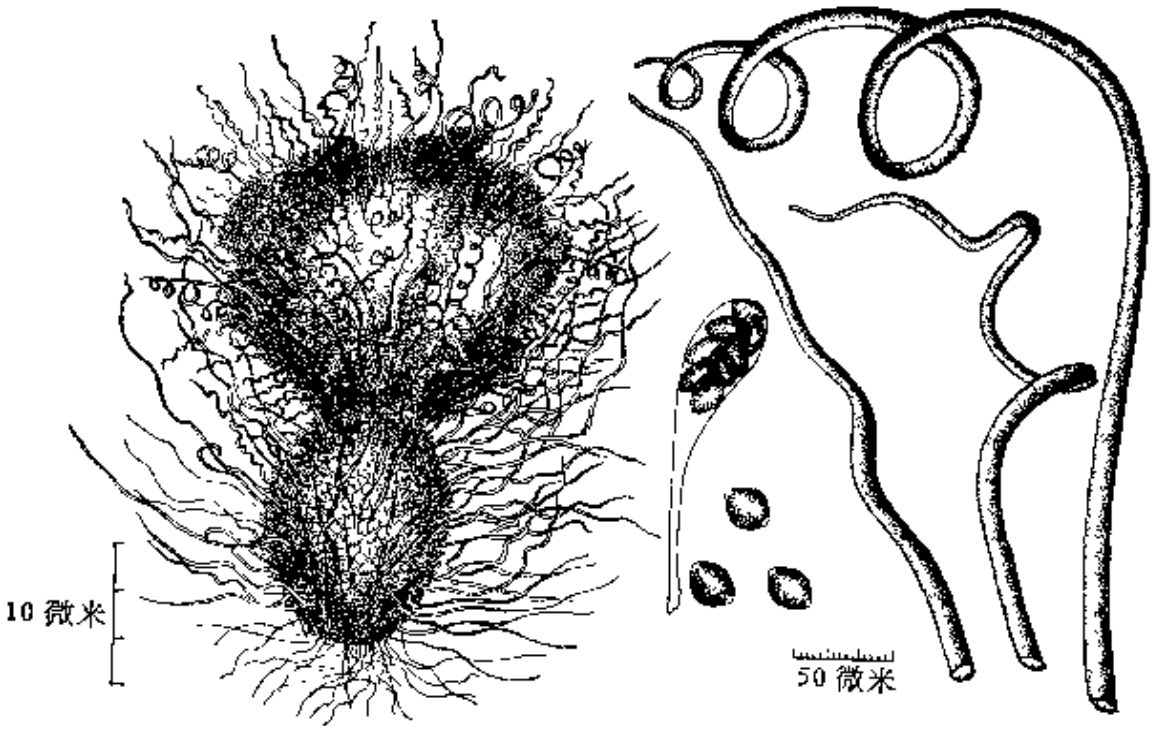


图 82　螺卷毛壳菌的子囊壳，顶生附属丝，子囊和子囊孢子

肉座菌目(Hypocreales)

麦角菌科(Claviceptaceae)

麦角属(*Claviceps* Tul.)

麦角一般寄生在禾本科植物的子房内，菌核形成时多露出子房以外，形状像动物的角故叫麦角。菌核的形状是一个略具三条钝棱的圆柱体，稍弯曲，两端渐尖，其大小因寄主植物的不同而异。菌核表面暗紫色或暗红棕色，有多数纵槽。干燥的菌核易折断粉碎，断面略呈三角形。内层灰白色或淡紫红色并有不规则的星状纹理。菌核经过一段时间的休眠后，在环境适宜的条件下即萌发生成子座。一个菌核上可生数个至十数个红色或灰白色的子座，其柄细长而弯曲。子座头部近圆形，直径约 1—2 毫米，如将其切成纵断面可以看到沿着外层有一层排列整齐的子囊壳，孔口略露于外。因此在成熟的子座的表面上可以看到许多小突起。子囊壳

瓶状，子囊长圆柱形，子囊孢子线状。分生孢子产生在菌核成熟之前，以蜜汁状的液体分泌于子房外，卵圆形，透明，单细胞。分生孢子梗短，圆柱形，排列成紧密的一层。

麦角在世界上最著名的产地是苏联南部和西班牙西北部等地，从热带到寒带随着禾本科植物的分布，全世界都有发生。我国麦角的分布也是很广的，据已知的材料，十三个省都发现过麦角，南从贵州北达黑龙江，东自浙江西抵青海，在这个广大地区都有麦角的分布，其禾本科寄主植物据不完全统计已有 16 属 22 种之多。

麦角是一种妇产科的重要药用菌。麦角制剂可作收敛子宫和子宫出血或内部器官出血的止血剂。分娩后适当应用不但可以防止产后失血，而且可以促进子宫复位、减少产褥期细菌感染的机会。同时麦角也是麦类，尤其是黑麦和禾本科牧草的重要病害。不但使黑麦减产，还含有毒性，人和牲畜误食也会发生中毒和流产，重者能发生死亡现象。据分析，麦角所含生物碱有 12 种之多，分为麦角胺、麦角毒碱、麦角新碱等三大类。

麦角〔*Claviceps purpurea*(Fr.)Tul.〕

菌核圆柱形，角状，大多稍弯曲，长 1—2 厘米，粗约 3 毫米，生于禾本科草类的子房上。最初柔软，有粘性，成熟后即变硬。外表紫黑色，内部近白色。一个菌核上可生出多至 20—30 个子座，柄很细，多弯曲，暗褐色，头部近球形，直径约 1—2 毫米，红褐色。子囊壳全部埋生于子座内，孔口稍伸出子座的表面 200—250×150—175微米，子囊很长，圆柱形，100—125×4 微米(图 83)。

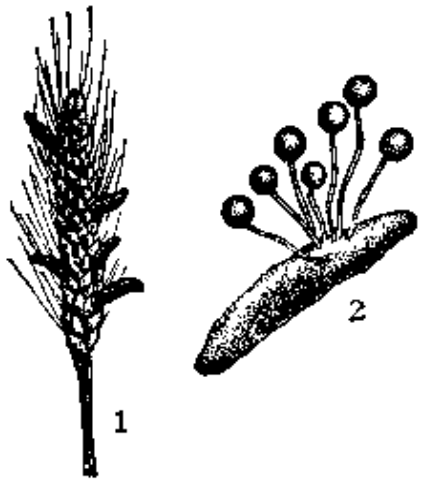


图 83　麦角

1. 生于寄主上的菌核
2. 生于菌核上的子座

生于禾本科植物的花序上，在河北、江苏、浙江、内蒙以及东北各省都有它们的分布。

此种菌用深层培养法除可产生麦

角碱外尚能利用吲哚产生L-色氨酸，产率为其理论值的 90%。

虫草属〔*Cordyceps*(Fr.)Link〕

此属真菌寄生于昆虫，把虫体变成充满菌丝的僵虫(但其中有五种寄生于地下子囊菌大团囊属(*Elaphomyces*)不形成菌核）僵虫生出有柄的头状或棍棒状的子座，单一或分枝。在子座顶端膨大部分的边缘内形成许多子囊壳。子囊孢子线形，多孢，常在隔膜处分裂为若干段。

虫草属约有 100 种，最常见是冬虫夏草 (*Cordyceps sinensis*)，是我国药用菌，它侵害尺蠖，被侵害的尺蠖冬天钻入土内，夏天从这潜伏在土内被害的虫体上生出一有柄的子座，虫草是一种补药。

虫草〔*Cordyceps Sinensis*(Berk)Sacc.〕

别名为冬虫夏草，子座单个，罕 2—3 个从寄主前端发出，长 4—11 厘米，基部粗 1.5—4 毫米，向上渐细，头部近圆柱形，褐色，初期内部充塞，后变中空，10—45×2.5—6 毫米，不包括长1.5—5.5 毫米的不孕顶部。子囊壳近表面生，基部稍陷于子座内，椭圆形至卵形，380—550×140—240 微米；子囊细长 240—485×12—16 微米；孢子 2 个，有多数横隔，不分为小段，160—470×5—6.5 微米(图 84)。

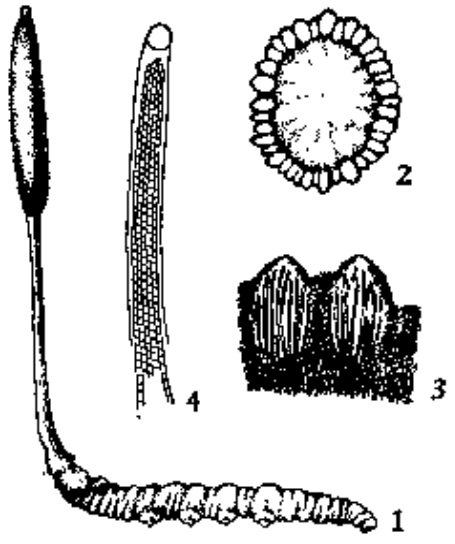


图 84　虫草

1. 菌体全形，上部为子座，下部为已死之幼虫　2. 子座之横切面，示子囊壳　3. 子囊壳　4. 子囊及子囊孢子

冬虫夏草是一种寄生在鳞翅目幼虫体上的子囊菌，是有价值的中药。始载于《本草纲目拾遗》。这种菌的子囊孢子在幼虫生长的早期侵入了虫体，蔓延发展，幼虫死亡之后，便从充满菌丝的幼虫尸体中长出菌的繁殖器官来。这就是我们所见的“冬虫夏草”，其实菌还是菌，虫

还是虫，决不是由“虫变草”。

此菌分布在四川、云南、甘肃、青海、西藏等省，主产于四川阿坝藏族自治州、甘孜藏族自治州、青海玉树果洛藏族自治州、云南中甸德钦丽江自治县等地，以四川产量最大。

虫草入中药，有益肺肾，补精髓，止血化痰的作用，主治虚劳咳血，阳痿遗精，腰膝痠痛，老人虚弱，贫血等症，据分析含有7%的虫草酸(Cordycepic acid $C_7H_{12}O_6$)。

盘 菌 组

它们的特征是，子囊果开口很大，形似盘状(少数种例外)称为子囊盘。子囊盘通常由三部分组成，即子实层、囊层基、囊层被等。

盘菌目(Pezizales)

马鞍菌科(Helvellaceae)

羊肚菌属〔*Morchella* Dill. ex Pers.〕

菌盖近球形或圆锥形，边缘全部与柄相连。表面起伏成蜂窝状、网棱纹；柄平整或有凹槽。它们的颜色从灰白色到深褐色，子实层沿着菌盖的下陷部分生长，含有长的圆筒形有囊盖的子囊。每个子囊含有八个子囊孢子，子囊之间有长的侧丝，子囊孢子大，无色，卵圆形。

本属有数种，均可食而味鲜美，除食用外还可深层培养做调味品食用。

羊肚菌〔*Morchella esculenta*(L.)Pers.〕

子囊果近球形至卵形，顶端钝，长 4—6.5 厘米，宽 4—6 厘米。凹坑不定形至近圆形，蛋壳色，宽 4—12 毫米，棱纹色较浅，不规则地交叉；柄近白色，长 5.5—7 厘米，直径约等于菌盖的$^2/_3$，上部平，

基部膨大并有不规则的凹槽；子囊成熟时280—320×18—22微米；孢子单行排列，20—24×12—14微米，侧丝顶端膨大，直径达12微米(图85)。

生于阔叶林中的地上及林缘空旷处，在甘肃、新疆、青海、四川较多。

此菌菌丝中含有全部主要氨基酸，在中间工厂大规模的发酵生产。1963年美国开始工业化生产，作为调味品食用营养价值是很高的，也可作为蛋白质维生素的补充来源。

图85 羊肚菌

1.子实体 2.子囊 3.子囊孢子

(三)担子菌纲(BASIDIOMYCETES)

担子菌纲大约有24,000种，其中有些种类是我们所熟悉的真菌，如锈菌、黑粉菌、木耳、茯苓、灵芝、猴头、蘑菇、马勃等等。也有人将白色冬孢酵母(*Leucosporidium*)、红色冬孢酵母(*Rhodosporidium*)等列入此纲。

担子菌类对人类关系极为密切，其中许多种是植物病原菌。它们引起作物、森林、木材的病害，如黑粉病、锈病等是众所皆知的，多孔菌类则是腐蚀木材为枕木、桥梁等最凶的破坏者，给国民经济造成重大的损失。然而其中也有不少益菌，如药用的茯苓、灵芝、马勃等；味美可食的香菇、口蘑不仅味鲜，而且含有一般植物性食品中所不具备的必需氨基酸。

近年来国内外一些科研单位开始广泛地从担子菌中寻找抗癌物质，不少种菌的代谢产物经动物实验证明对肿瘤是有效的，因而，从担子菌中寻找抗癌药物可能很有前途。

担子菌的菌丝都有分隔和分枝。其中最重要的特征是形成担子，而且担子上通常生四个担孢子。担子菌无明显的生殖器官，两性的结合是由未经分化的菌丝的接合，或孢子的接合。而且结合

时只行质配，并不核配，结果有一个双核细胞期，并以锁状联合的方式形成新的双核细胞。故双核期较长。两性细胞核在形成担孢子之前才行核配，随之行减数分裂产生单倍体的担孢子。

担子菌纲通常分为两个亚纲，即①有隔担子菌亚纲(Heterobasidiomycetes)，②无隔担子菌亚纲 (Homobasidiomycetes)。分亚纲的根据是，前者担子有分隔，或深深裂开，而后者的担子则既无分隔又不裂开，而是单一的圆筒形或棒形。

I.有隔担子菌亚纲(Heterobasidiomycetes)

银耳目(Tremellales)

(I)银耳科(Tremellaceae)

银耳属(*Tremella* Dill. ex Fr.)

担子果胶质，圆形，多沟槽或多裂瓣，由种木里面长出来的幼银耳是一小块白色的胶状物，在湿度充足的时候渐渐长大，成为纯白色的胶质花朵状菌体。子实层满布于全部表面上，担子往往深埋于子实层内，罕生表面，孢子无色，光滑，无隔，近球形。

本属我国已发现有 10 余种，常见常用的主要是银耳，是我国重要的药材之一。

银耳(*Tremella fuciformis* Berk.)

别称白木耳，担子果纯白色，半透明，宽 5—10 厘米，由薄而卷曲的瓣片所组成，担子近球形，12—13×10 微米，无色，孢子近球形，6—7.5×4—6 微米(图 86)。

生于阴湿之地、栎属及其他阔叶树木上。

分布于江苏、浙江、福建、湖北、四川、贵州等省，产量以福建为著。

银耳是一种营养丰富的滋养补品，具有补肾、润肺、止咳、生

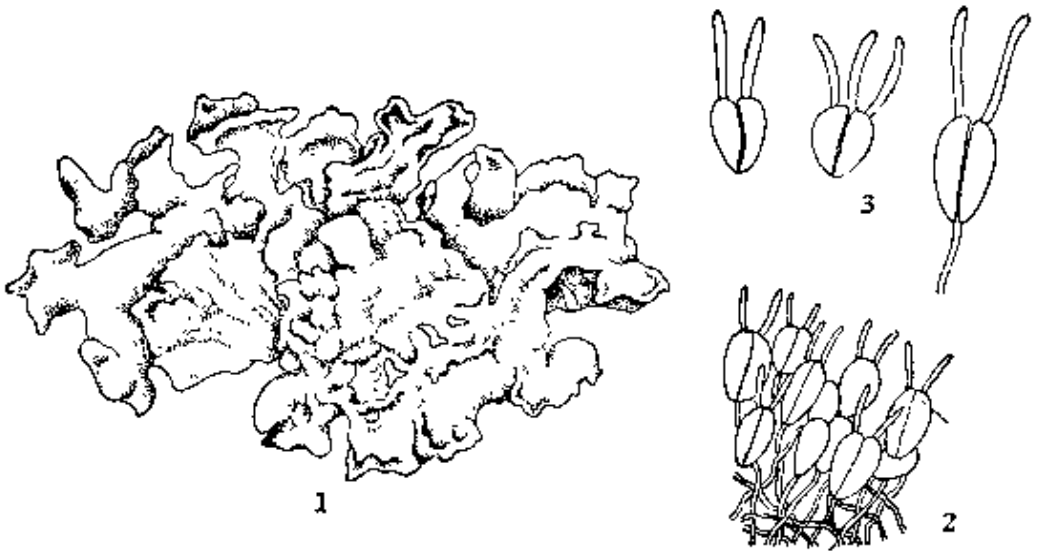


图 86　银耳

1. 菌体全形　2. 菌丝及担子　3. 担子

津、提神益气、健脑、嫩肤、恢复肌肉疲劳等功效。

银耳的人工培养：

银耳的栽培可用木屑瓶栽，亦可用木段大批栽培。现以木段栽培为例简述之。

（1）菌种：以生有银耳菌丝的木段或银耳担孢子为原始菌种，移接至马铃薯-葡萄糖琼脂斜面上，经木屑栽培鉴别后方可作为扩大培养和栽培用菌种。

（2）材料：所用树种以枫杨、乌桕、臭椿较好，其它如杨、柳、榆、桑、苦楝等亦可。

（3）接种：将砍好的木段每隔 10 厘米用钻打一洞（直径 1 厘米左右，深 1.5 厘米），然后把作菌种用的木楔或木屑接于洞内。

（4）培养：接种后的木段，按井字形堆好，整堆上覆盖塑料薄膜，用以保温或保湿。银耳生长要求的温度为 22—25°C，空气湿度为 90%。

（5）采收：栽培银耳一般 30—40 天即可出耳，在银耳不再长大时即可采收，一般可采收 4—5 次。

(II)木耳科(Auriculariaceae)

木耳属(*Auricularia* Bull. ex Merat)

担子果平伏又反卷，或基部狭窄，杯状、耳状或叶状。全部胶质或仅子实层胶质；子实层平滑，有皱褶或网格；担子果之不孕面有毛，无色或有色；担子圆柱形，有三个横隔，每个细胞上产生一个小梗；孢子肾形，光滑，无色。它是用担孢子来繁殖的，担子是横分隔的，每一个分隔伸出一枝细长的小枝，担孢子就着生在上面，放射出来的孢子是白色肾形小细胞。

本属在我国有十余种，最常见的是木耳，除食用外还可作中药。

木耳〔*Auricularia auricula*

(L. ex Hook.)Underw.〕

担子果薄，有弹性，胶质，半透明，中凹，往往呈耳状或杯状，渐变为叶状，平滑或有脉状皱纹，常呈红褐色，直径达12厘米，干后强

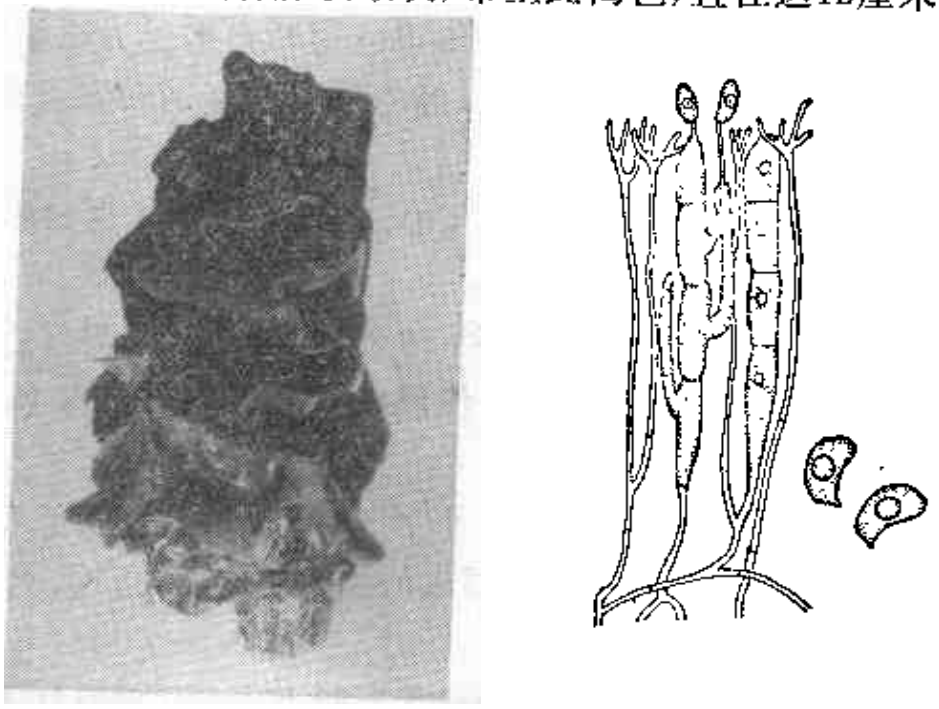


图 87　木　　耳

左：生于木段上的菌体全形　　右：担子、担孢子及侧丝

烈收缩，子实层变为深褐色至近黑色，不孕面则呈暗青褐色，毛短，多弯曲，向顶端渐渐尖削，基部显著褐色，往上色渐变浅，40—150×4.5—6.5 微米，基部膨大，粗 10 微米，突然下部细缩成为根状细线，担子 50—62×3—5.5 微米；孢子弯长方形或圆柱形，9—14×5—6 微米（图 87）。

木耳也称黑耳，在我国的应用很早，本草上有这样一段记载："木耳一名木檽，一名木菌，一名木蚓，一名树鸡，一名木蛾，生朽木之上，无枝叶，乃湿热余气所生"。我国食用菌中木耳占着相当重要的地位。《齐民要术》一书中就记述了我国古时利用木耳的方法。全国生产木耳的地点很广泛，著名的还是四川和贵州。

除食用外木耳还有药用价值，有滋润、强壮、通便功效，并能治痔疾。

锈菌目（Uredinales）

（I）栅锈菌科（Melampsoraceae）

层锈菌属（*Phakopsora* Diet.）

本属真菌的生活史不全明了。夏孢子堆破皮露出，圆形，粉状具侧丝；夏孢子单生于柄上，倒卵形，近球形或椭圆形，有小刺，罕有小疣。冬孢子堆不开裂，扁球形，由二层以上的冬孢子组成；冬孢子单细胞，棱柱形或矩形，壁光滑，淡色。

本属在我国已报道过的约有 20 余种，一般寄生在大豆、枣、葡萄、桑树、榕树、葛藤等植物的叶上。在北方较常见的是枣的锈病菌，在流行的年代造成减产或不收，损失较大。

枣层锈菌（*Phakopsora zizyphi-vulgaris* Diet.）

夏孢子堆散生或群生于叶背，黄褐色，圆形或不规则，直径 240—600 微米，长期埋于寄主表皮下；夏孢子广椭圆形、倒卵形或近球形，浅黄色，有小刺，15—25×12—20 微米，壁厚 1 微米；侧丝

少，菌丝状，无色，32—38×7—8 微米。冬孢子堆散生或群生于叶背，近圆形，直径 120—250 微米，暗红褐色；冬孢子 3—4 层，矩形至椭圆形，黄褐色 10—20×6—12 微米(图 88)。

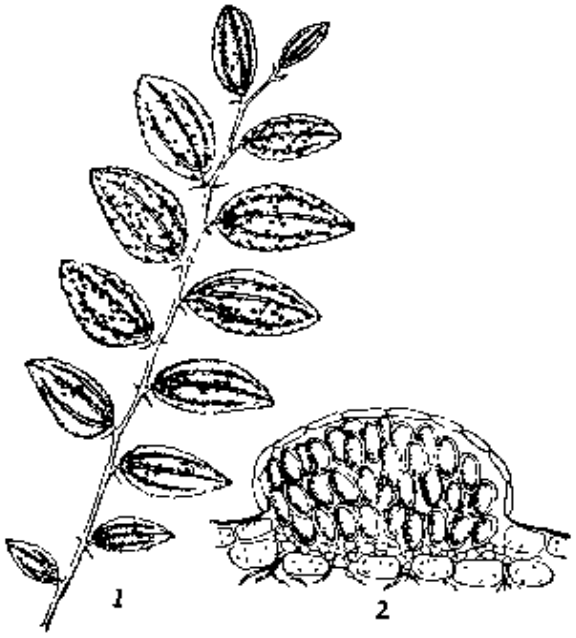


图 88　枣层锈菌

1. 枣叶层锈之症状　2. 冬孢子堆纵切面

此病菌在我国分布甚广，从台湾到东北、河北都有分布。

(II) 双胞锈菌科(Pucciniaceae)

双胞锈菌属(*Puccinia* Pers.)

本属真菌在一个寄主上寄生或转主寄生，性孢子器小，蜡黄色，120×80 微米，锈孢子堆破皮露出，具杯状或圆柱状包被；锈孢子成串，近球形或椭圆形，壁无色，有小疣。夏孢子堆破皮露出，周围有或无侧丝；夏孢子单生于柄上，近球形、椭圆形或倒卵形，有数个芽孔，有或无小刺或小疣。冬孢子堆生在寄主的表皮下，往往破皮露出，通常无隔丝或包被；冬孢子离生，由两个细胞组成，每个细胞具一芽孔，有较长的柄，冬孢子萌发生担孢子。

本属我国已报道的约有 400 种。一般寄生在禾本科、莎草科、百合科、石蒜科、鸢尾科、蓼科、唇形科、菊科、小檗科等植物上。在

我国最常见的而且危害最严重的要算小麦锈病菌，它是借助于空气的流动而传播的。一般被称为黄疸，在我国分布很广，流行年代往往造成小麦的重大损失。在我国春麦区杆锈较重要，特别是晚熟的春麦及冬麦受害最甚。杆锈是五种孢子具全，又有转主寄生现象，本属以它为例进行概述。

小麦杆锈菌(*Puccinia graminis tritici* Eriks. et Henn)

杆锈病菌除为害小麦外，还可以寄生在大麦、燕麦、黑麦及多种禾本科植物上。它的性孢子器生在小檗和十大功劳的叶子的两面，大多生在叶面，密黄色，后变为褐色，直径约 80 微米。锈孢子器也生于小檗等的叶背的黄色斑点中，成小丛，杯形至圆柱形，高达 1.5 毫米；锈孢子近球形 17—24×15—20 微米，近无色，光滑或有微细小疣；包被细胞矩形，20—25×17—20 微米，外侧壁有条纹，厚 10 微米，内侧壁有疣，厚 4 微米。夏孢子堆群生于麦叶的两面和叶鞘及杆上，矩形至长形，红褐色，粉末状，周围有破裂的表皮，长1—3毫米，连合时更长。夏孢子矩形至椭圆形，有小刺，黄褐色，24—40×14—22.5 微米，侧壁厚 1.5—2 微米，两端厚 3 微米，中腰有 4 个芽孔。冬孢子堆主要生于叶、叶鞘和杆上，与夏孢子堆相似，黑褐色；冬孢子椭圆形至长方棒形，35—60×15—22 微米，顶端圆至近圆锥形，向下窄，光滑，上端褐色，下部色浅，横隔处稍缢缩，侧壁厚 1.5 微米，顶端厚 6—11 微米；柄上端黄褐色，下部近无色，约与孢子等长(图89)。

此病菌为转主寄生菌，在整个生活史中可以产生五种孢子：即夏孢子、冬孢子、担孢子、性孢子和锈孢子。夏孢子和冬孢子都在小麦上产生，冬孢子发芽后长出担孢子，转主寄生到小檗和十大功劳上，在其上产生性孢子器和锈子器，从锈子器中飞散出来的锈孢子感染小麦，然后又产生夏孢子重复侵染小麦。在自然界中小麦杆锈菌完成它的生活史并不一定经过转主寄主，而且在绝大部分地区证明小麦杆锈菌是不依靠转主寄主而生存下去。

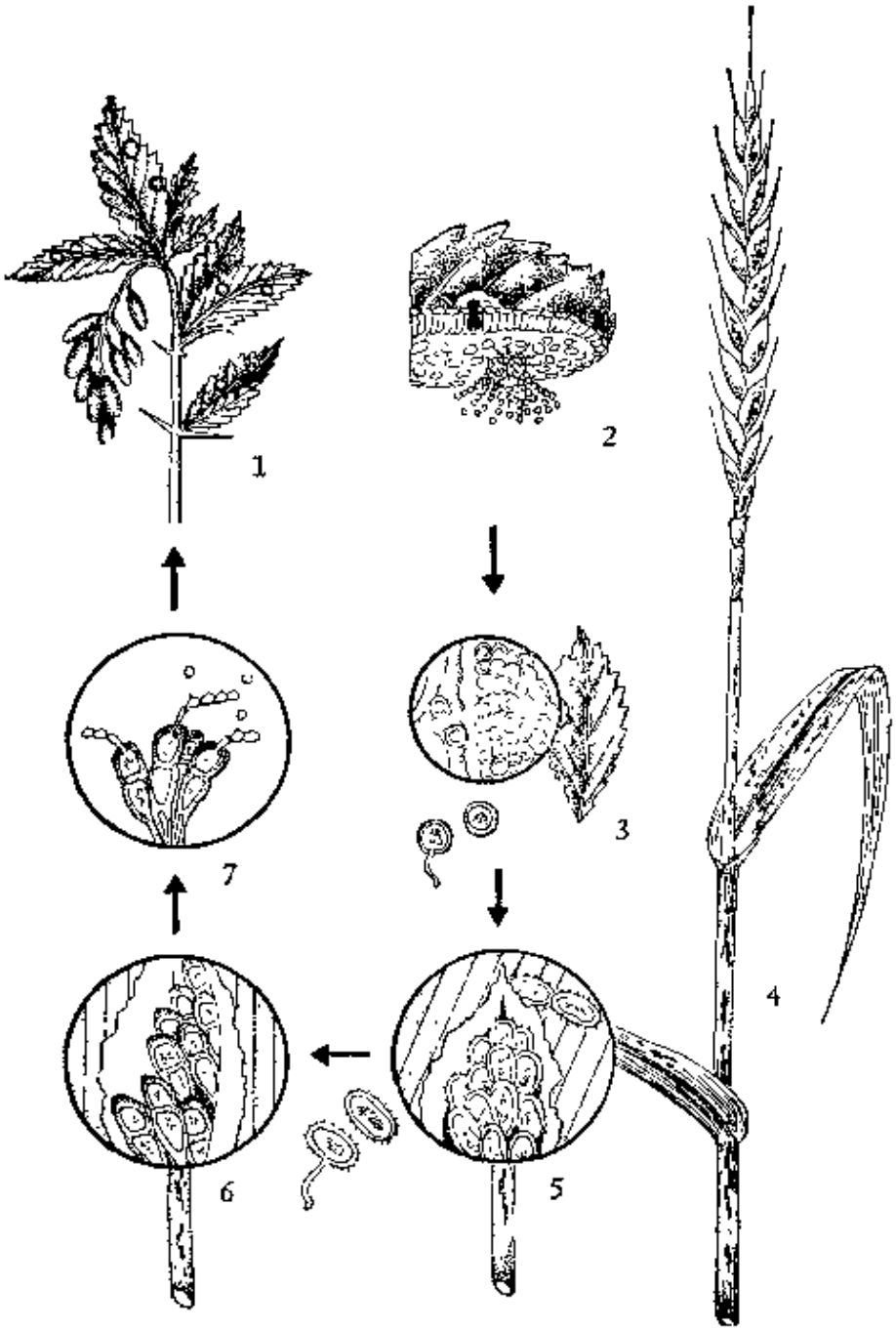


图 89　小麦杆锈菌

1. 小蘗的症状　2. 小蘗叶片切面示性孢子器及锈子器　3. 锈子器及锈孢子发芽的放大　4. 小麦的症状　5. 夏孢子堆及夏孢子发芽的放大　6. 冬孢子堆　7. 冬孢子发芽生担子及担孢子

如在我国南部和中部，它的发生与小檗无大关系，只靠夏孢子循环感染以保持生存。

黑粉菌目(Ustilaginales)

黑粉菌科(Ustilaginaceae)

黑粉菌属〔*Ustilago*(Pres)Roussel〕

孢子堆生在寄主的各部分，成熟后呈粉末状。孢子堆深褐色到黑色，有时颜色稍淡黄或紫褐色。孢子单生，小型至中等大小，膜光滑或有花纹。

此属约有300余种，多数寄生在禾本科植物上，我国现有46种，一个变种，寄生在禾本科、蓼科、石竹科和百合科等植物上。

此属的真菌用深层发酵方法能产生多种氨基酸。

小麦散黑穗病菌〔*Ustilago tritici* (Pers.)Rostr.〕

孢子堆形成在小穗中，破坏整个花序，变为棕褐色或近黑色粉状体，约6—11毫米长，宽约为长之半有薄膜包围。但也有极少数发生在穗轴及叶片上。病穗与健穗同时抽出，通常病株较健株稍短。孢子成熟后散出，露出穗轴。孢子圆形至卵圆形，有细刺，常一边光，直径5—7微米(图90)。

图90 小麦散黑穗病菌
1.病穗 2.冬孢子

防治方法：①从距病田300米以外的无病田中选种。②播种前将小麦种粒放在冷水内预浸3小时，再投入56°C热水内浸10分钟。③播种不宜过早，过迟和过深。④麦田中发现病株时，应在冬孢子飞散前拔除烧掉。⑤选用抗病品种。

几乎分布于所有大麦、小麦栽培地区。

玉蜀黍黑粉病菌〔*Ustilago maydis*(DC.)Corda〕

孢子堆生在寄主上部的任何部位，形成各种形状和大小不同的疣，直径可达 10 厘米以上。初期疣外面包着有一层白色的膜，其中混杂着寄主组织。后期破裂露出黑紫褐色粉状的孢子体，孢子圆形、椭圆形或不规则形，黄褐色、直径 8—12微米，膜有显明的刺(图91)。

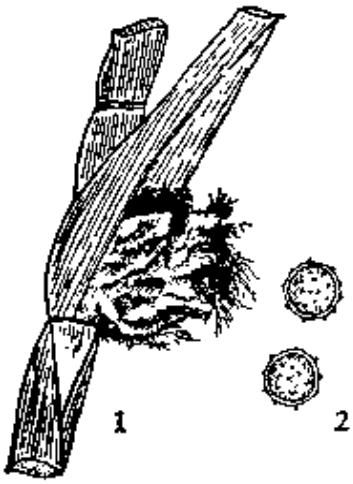


图 91　玉蜀黍黑粉病菌
1. 病菌孢子堆　2. 冬孢子

寄生在禾本科植物上。

分布于各地玉蜀黍栽培地区。

防治方法：①在冬孢子未散发前拔烧病株。②不宜施用过量的氮肥。③使用净肥作为基肥。④实行三年以上的轮作。⑤播种前以相当种子重量 0.2%的赛力散拌种。⑥选用抗病品种。

此种菌在发酵培养液中显著累积游离氨基酸，如 L-谷氨酸、L-赖氨酸、L-丙氨酸、L-精氨酸、L-蛋氨酸、L-苏氨酸、L-组氨酸。某些菌株产赖氨酸量达 1.4—3.2 毫克/毫升，产蛋氨酸量达 6 毫克/毫升，产精氨酸之量达 1—3 毫克/毫升。另外此种菌也产生衣康酸和苗长素(吲哚乙酸)。玉蜀黍黑粉病菌还可制取黑粉酸，使用葡萄糖-营养盐再加尿素及甜菜糖蜜在200加仑容器内发酵，产率为葡萄糖的 10%，此酸可用做香料工业中合成麝香类的原料，也具有某种抗菌作用。

II.无隔担子菌亚纲(Homobasidiomycetes)

多孔菌目(Polyporales)

(I)齿菌科(Hydnaceae)

猴头属(*Hericium* Pers. ex Gray)

担子果块状或分枝，无柄，无明显的菌盖，肉质，木生。子实层

着生于明显的刺上，刺发达，长达 3 厘米，锥形，下垂。孢子无色，光滑长方形、近球形至球形。

本属在我国发现的有二种，分布在河北、河南等十余省。其中味美的猴头就是本属常见的种类。

猴头〔*Hericium erinaceus*(Bull. ex Fr.)Pers.〕

担子果肉质，新鲜时全部白色，干后浅褐色，块状，直径 5—10 厘米，基部着生处狭窄，长圆筒形，下端尖锐，长 1—3 厘米，粗1—2 毫米；孢子球形至近球形，直径 5—6 微米(图92)。

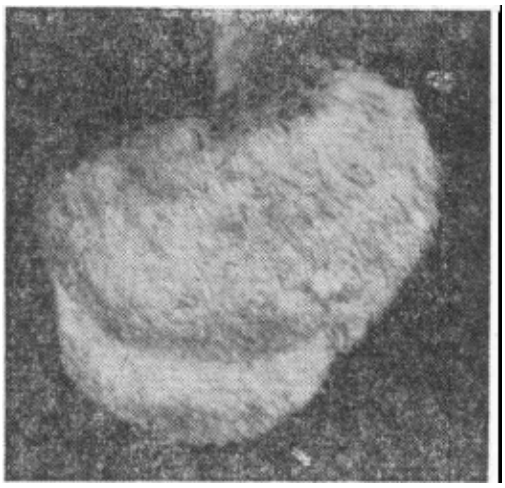


图 92　猴头全形

生于栎、胡桃等立木及腐木上。

分布于黑龙江、吉林、内蒙古、河北、山西、河南、甘肃、四川、浙江、广西等省。

味美可食。此外据报道猴头菌可作为抗癌菌种被筛选。

(II)多孔菌科(Polyporaceae)

多孔菌属(*Polyporus* Mich. ex Fr.)

担子果木生或生于地上，一般为一年生，但偶尔也能活 2—3 年，有柄或无柄。肉质、革质或木栓质，干后脆或硬，柄中生或侧生，不分枝或于基部相连，或多分枝，形成一大丛菌盖，菌肉白色或近白色，菌管成单层，管口圆形到多角形；孢子白色到褐色，平滑或粗糙，球形至长椭圆形或腊肠形。

我国已发现有 100 余种分布全国。本属很多种类危害木材，是重要的木材腐朽菌，如云芝*Polyporus versicolor*就是危害木材最广泛最普遍的种类。本属的真菌也是分解纤维素能力较强的真菌。也有的种类可以做药用，如著名的中药猪苓就是一例。

猪苓〔*Polyporus umbellatus*(Pers.)Fr.〕

异名:〔*Grifola umbellata*(Pers. ex Fr.)Pilat〕

担子果从埋生于地下的菌核发出,有柄;菌核形状不规则,约2.5—4 × 3 —10厘米;柄多次分枝,形成一丛菌盖,总直径达15厘米以上,菌盖肉质,干后硬而脆,圆形,宽1—3厘米,中部脐状,近白色至浅褐色,无环纹,边缘薄而锐,常内卷;菌肉薄,白色;菌管与菌肉同色,下延;管口圆形至多角形,每毫米3—4个(图93)。

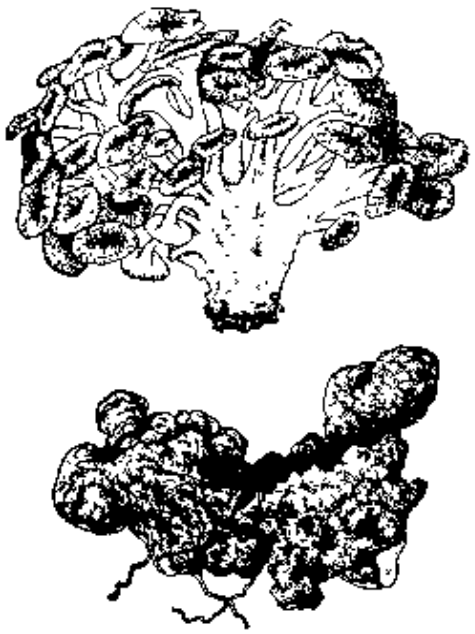


图93 猪苓

上:菌体全形 下:菌核

生于树旁地上。

分布于河北、山西、陕西、甘肃、河南、四川、云南、吉林等地。

可食,其菌核即中药的猪苓,是利尿剂,主治小便不利、水肿、淋浊、带下等病。其成分为粗蛋白7.89%,粗纤维46.06%,其他尚含糖类、麦角固醇、水分、灰分等。

灵芝属(*Ganoderma* Karst.)

担子果木生,一年生或多年生,木质或木栓质,有柄或无柄;菌盖表面有坚硬的皮壳,它的柄或菌盖从下端到上盖都覆盖着一层坚硬的像漆一样有光泽的物质。管孔单层或多层;孢子卵形,顶端平截,外壁无色,光滑,内壁褐色,往往较粗糙。

在各种阔叶树林、针阔叶混交林的腐木上或木桩上可以找到。

本属真菌是分解纤维素、木质素能力较强的一类真菌。除此以外,有的种类是医药方面的重要药材,如灵芝、紫芝等。

灵芝〔*Ganoderma lucidum* (Leyss. ex Fr.)Karst.〕又称红芝

我国古代很早就有关于灵芝的传说和记载，明朝李时珍也将灵芝作为中药，收入其巨著——《本草纲目》中。

菌盖木栓质，半圆形或肾形，罕近圆形，达 12×20 厘米，厚达 2 厘米，黄色、渐变为红褐色，皮壳有光泽，有环状棱纹和辐射状皱纹，边缘薄或平截，往往稍内卷；菌肉近白色至淡褐色，厚达 1 厘米；菌管长达 1 厘米，近白色，后变为浅褐色，管口初期白色，后期呈褐色，平均每毫米 4 — 5 个；柄侧生，稀偏生，长达 19 厘米，粗 4 厘米，紫红褐色，其皮壳亦有光泽；孢子褐色，卵形，8.5—11.5 × 5 —6.5 微米（有时宽达 7 — 8 微米），中央含一个大油滴（图94）。

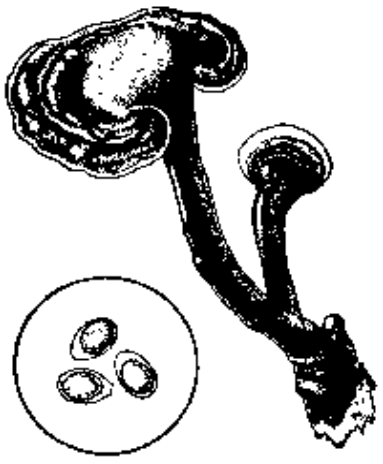


图 94　灵芝的子实体及孢子

生于栎树及其他阔叶树的木桩上。

分布于河北、河南、山东、山西、四川、安徽、江苏、浙江、江西、贵州、云南、广西、福建、广东等地。

为了落实毛主席关于发掘我国医药学宝库的指示，为了确定灵芝的临床疗效和克服采用野生灵芝的局限性。一些科研单位正在对灵芝的栽培和临床实验大搞群众运动，初步得到了一些成绩。如对神经衰弱、支气管哮喘、肾炎、矽肺、关节炎等症有一定疗效，另外还有解毒（如食蕈中毒）的功能。

附人工栽培法：

（1）制备培养基：用壳斗科植物（如栎、柞、椎栗等）以及阔叶树（如杨、椴、桃木等）的木屑 3 份，麦麸 1 份，加适量的水充分混匀，加水量以用手攥混合物时指间有水而不滴下来为度。然后将混合物装入瓶内，捣紧，在中心处从上至下扎一小洞，堵上棉塞，在 15磅下高压灭菌 1 小时（如瓶过大应延长灭菌时间）或用笼屉连续蒸三次，每次蒸 1 — 2 小时。

（2）接种：灵芝菌种在斜面培养基上培养5—7天（28°C左右）后，用无菌操作法将菌丝体接种到上述灭过菌的培养基的小洞里。

（3）菌丝生长：为了使瓶中菌丝迅速生长，适宜的温度是极为重要的，尽管菌丝在15—35°C均能生长，但一般以27°C左右为适宜。灵芝喜欢偏酸的培养基，一般在pH 4—5时生长最好，本阶段大约需要20—30天左右可完成。

（4）子实体的形成和分化：待瓶中菌丝体长到一定程度，在木屑上部出现子实体原基（手指大小的白色疙瘩及类似物），待它继续生长，接近于棉塞时，便可将棉塞拔掉，以利子实体的形成和分化。在此阶段温度、湿度、光线和通气，一定要设法控制和保持。温度在27°C左右，相对湿度在70—90%（一般常用子湿球湿度计），光线一般以散射光为宜。灵芝对二氧化碳非常敏感，因此每天开窗一定时间通气是必要的。

另外还有不少单位采取深层培养的方法培养灵芝菌丝，在临床上也取得一定的疗效。

除以上用途外，此种真菌还可产生半纤维素酶，可用于分解半纤维素、谷物加工等。

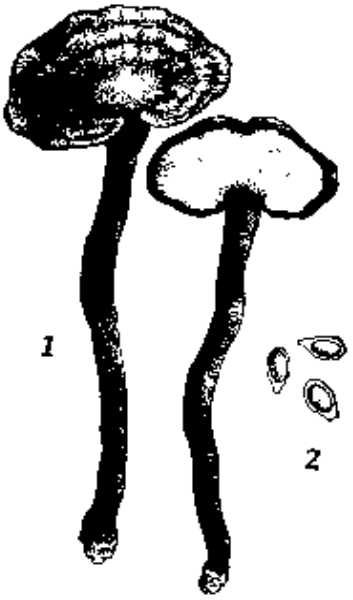


图95 紫芝
1.子实体 2.孢子

紫芝〔*Ganoderma japonicum* (Fr.) Lloyd〕

菌盖木栓质，有柄，半圆形至肾形，罕近圆形，高度及宽度有时可达20厘米，菌盖及菌柄均有黑色皮壳，菌肉锈褐色；菌管硬，与菌肉同色；管口圆，色与菌管相似，每毫米5个；孢子10—12.5×7—8.5微米，内壁具显著小疣（图95）

生于腐木桩上。分布于浙江、江西、湖南、广西、广东、福建等地。

人工栽培及用途等参看灵芝，但紫芝栽培需较高湿度。

紫芝除应用在医药方面以外，此属真菌还可产生半纤维素酶，因而可用于分解半纤维素及谷物加工等。

层孔菌属〔*Fomes* (Fr.)Gill.〕

担子果木生，多年生，木栓质至木质，无柄，半圆形，菌盖有时成壳状，马蹄形，常龟裂；菌肉无色到暗褐色；菌管多层，子实层生于管壁上，孔口大小因种类而不同；孢子光滑无色到暗褐色，形状从球形到圆柱形，囊状体有或无，在一些褐色种类中有刚毛。

本属我国已发现有30余种，分布全国，大多数种类危害木材严重，是重要的木材腐朽菌，也有的种类危害立木，形成树木的病害，如暗黄层孔菌(*Fomes fulvus*)危害杏树、桃树等树种，也有的种类可作药用，如苦白蹄层孔菌(*Fomes officinalis*)是生在松树上，本属真菌也是分解纤维素能力较强的真菌，最常见的是危害桦、杨、柳树的木蹄层孔菌。

木蹄层孔菌〔*Fomes fomentarius*(L.)Gill.〕

菌盖马蹄形，灰色、浅褐色至黑色，有厚角质皮壳，有环状棱纹，2—15(—27)×3—20(—40)厘米；菌肉软木质，锈褐色，厚 0.3—4厘米；菌管多层，层次不甚明显，每层厚3—5毫米，色较菌肉浅；管

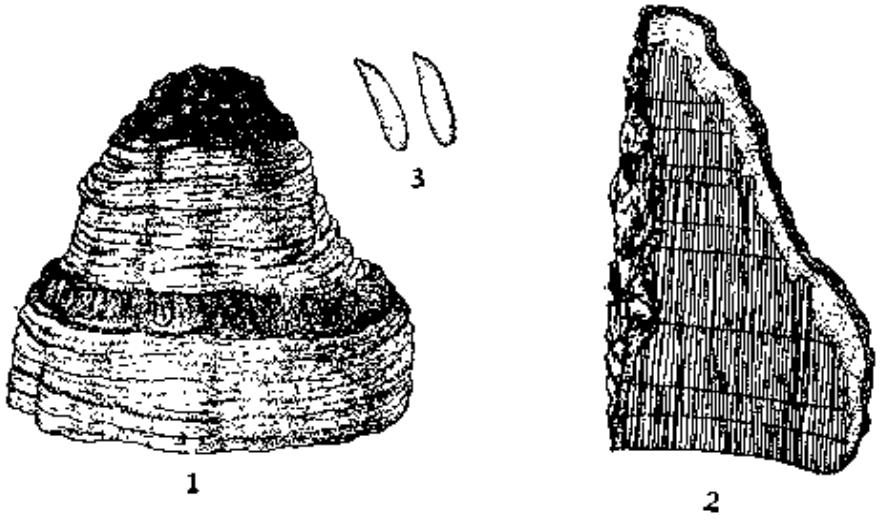


图 96　木蹄层孔菌

1. 子实体　2. 子实体剖面，示多层菌管　3. 孢子

口圆形，灰色至浅褐色，每毫米3—4个；孢子长椭圆形，无色，14—17×5微米（图96）。

生于桦及栎的树干上，也生于杨、柳、赤杨、椴、榆、水曲柳、梨、苹果及李等的阔叶树的树干上，导致腐朽。

分布在黑龙江、吉林、内蒙古、河北、山西、河南、陕西、甘肃、新疆、四川、贵州、云南、广西等地。

此属真菌也是分解纤维素能力较强的真菌。

卧孔菌属〔*Poria* Pers. ex Gray〕

担子果平伏，木生，一年生或多年生，往往很薄；菌肉白色或褐色到暗褐色；菌管单层或多层；子实层着生于管壁上，无囊状体；孢子光滑无色。

本属在我国已发现有30余种，有许多种是引起木材腐烂的木腐菌，也是分解纤维素能力较强的真菌。其中茯苓是著名的中药，近来一些医药工作者从本属中寻找抗癌物质也是一个新的趋向。

茯苓〔*Poria cocos*(Schw.) Wolf〕

别名：杜茯苓，野苓（湖南、湖北）伏灵，不死面，伏兔。菌核球形至不规则形，直径10—30厘米，生地下的松树根上，新鲜时软，干后硬，有深褐色、多皱的皮壳，内部粉粒状，白色或淡粉红色；担子果生于菌核表面，平伏，厚3—8毫米，白色，老后或干后变为浅褐色；孔多角形至不规则形，深2—3毫米，直径0.5—1.5毫米，孔壁薄，孔缘渐变为齿状；孢子长方形至近圆柱形，有一歪尖，7.5—8×3.5微米（图97）。

图97　茯苓菌体全形

茯苓不是一种绝对寄生的菌类，它在伐下的木材上亦能生长，在我国茯苓常栽培在马尾松的根上。

性喜排水良好的砂质土壤，据国外的报道在下述树种或植物上都能生长：赤松、黑松、漆、栎、杉、柏、桉、桔、玉兰、桑、玉蜀黍等。

分布于河北、河南、山东、安徽、浙江、福建、广东、广西、湖南、湖北、四川、贵州、云南、山西等地。主要产于云南的丽江、维西、保山、楚雄；安徽的金寨、霍山、岳西；湖北的罗田、英山、麻城；河南的商城等地，以云南所产质量佳，称“云苓”。安徽产量大，称“安苓”湖北产量亦大。

根据分析茯苓主要成份有茯苓酸 (Pachymic acid)、茯苓糖 (Pachymose)、酸性三萜成份等。并含有多量甲壳质。

中医用它益脾胃、宁心神、利水渗湿。治疗小便不利、水肿腹胀、泄泻、淋浊、停饮心悸失眠等症。

此种菌产生齿孔酸，齿孔酸属于四环结构的三萜(烯)化合物，用于合成甾体药物。此菌用深层培养产生齿孔酸。另外此属真菌是分解纤维素能力较强的一属。

伞菌目(Agaricales)

(I) 牛肝菌科(Boletaceae)

牛肝菌属(*Boletus* Dill. ex Fr.)

菌盖厚，肉质，光滑至有绒毛，柄内实，粗壮，往往基部膨大，常有网纹，厚厚的菌盖下面，带有一层菌管，在这些菌管里着生担子，它的整个管层很容易与菌盖分离开来，菌管黄色至绿黄色，在柄周围常凹陷或离生，管口常红色，孢子黄色，光滑，近梭形，成堆时青褐色。

牛肝菌属的许多种与树根形成菌根。据报道有的种还可提取抗癌药物。大多数牛肝菌是可食的，少数有毒。最常见的是美味牛肝菌。

美味牛肝菌(*Boletus edulis* Bull. ex Fr.)

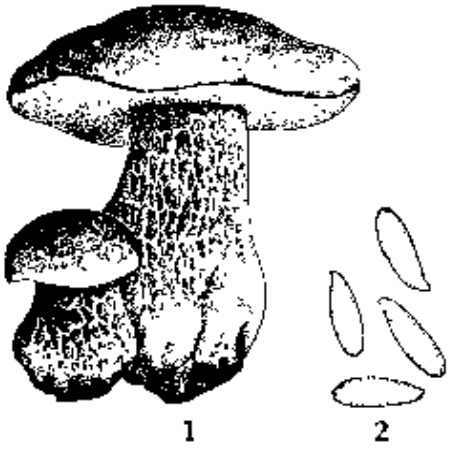


图 98　美味牛肝菌
1. 子实体　2. 孢子

菌盖宽 8—15厘米，扁半球形，不粘，平滑，黄褐色，菌肉厚，白色，受伤时不变色，柄近柱形或基部稍膨大，6—12×2—3 厘米，色较菌盖浅，上部有微细网纹，菌管黄色，在柄之周围深深地凹陷，管口小，每毫米 2—3 个，孢子黄色，光滑，近梭形，12—17×4.5—5.5微米(图 98)。

生在林中地上，形成菌根。

分布：云南、四川等地。

(II)　侧耳科(Pleurotaceae)

香菇属(*Lentinus* Fr.)

菌盖半肉质至革质，湿润时恢复原状，柄偏生至近中生，其组织与菌盖相连，菌褶薄，质韧，延生，无囊状体，但常有菌丝柱，孢子无色，椭圆形，光滑；生腐木上。

本属我国有数十种，最常见的是食用的香菇。

香菇〔*Lentinus edodes*(Berk.)Sing.〕

菌盖半肉质，宽 5—12 厘米，扁半球形，后渐平展，菱色至深肉桂色，上有淡色鳞片，菌肉厚，白色；柄中生至偏生，白色，内实，常弯曲，长 3—5 厘米，粗 5—8 毫米；菌环以下部分往往覆有鳞片，菌环窄而易消失，菌褶白，稠密，凹生，孢子无色，光滑，椭圆形，4.5—5×2—2.5 微米(图 99)。

香菇在新鲜的时候，香气并不浓厚，在用火烤干或阳光晒干后，就发出一种特别的香味来。香菇在营养上还有它的特殊价值，因为它含有一般蔬菜所缺少的麦角甾醇，它在人体内能接受日光

的作用，而转变为维生素 D，增加人体的抗病力。

香菇生产和栽培的地方，都在山林地带，山势不很高，海拔大约在 400—1000 米之间，多半为阔叶常绿林，因此山间能常常保持着一定的湿度，而日光照射也并不完全隔绝，否则菌丝便难于发育。山间冬季的温度，常能降到 0°C 左右，在春秋两季的平均温度，常在 18°C上下，在夏季气温可以升到 26°C—28°C 之间，这种非常温和的温湿度，便是香菇生长的主要条件。

图 99　香菇的子实体及孢子

在安徽曾用枫香、栲树、枹木、青岗栎、槲栎、野漆树、栗树等七种树种，其中以枫香木和栲树所产的香菇既大又多，品质也好。

香菇除食用外，还从香菇中分离出香味物质并鉴定为 5′-鸟苷酸。除此以外，用香菇分解核糖核酸可得到 5′-胞苷酸、5′-腺苷酸、5′-尿苷酸、5′-鸟苷酸。

(III)　口蘑科Tricholomataceae

口蘑属〔*Tricholoma*(Fr.)Quel.〕

菌盖肉质，粘或不粘，无毛或复有贴生的绒毛状纤丝，幼小时边缘向内卷曲，无菌环及菌托；柄中生，肉质至纤维质，有时很硬，中实或空，与菌盖组织相连，菌褶凹生；孢子印纯白色，较少淡奶油色，孢子无色，壁一般很薄，而且光滑，椭圆形至近球形，较少纺锤形；担子上长四个孢子，很少二个孢子，一般无囊状体；菌肉无味或有苦味。

本属约有 140 余种，世界许多国家都有分布。在我国大多长在林中地上，较少长在田野、草原地带。最常见的种要算口蘑。

此属菌的菌丝中含有全部主要氨基酸，已在工厂大规模的发

酵生产，作为调味品食用，作为蛋白质维生素的补充来源，营养价值是很高的。也有用此属菌分解核糖核酸，得到5′-胞苷酸、5′-腺苷酸、5′-尿苷酸，5′-鸟苷酸。也有人在此属菌中筛选抗癌物质。

口蘑（*Tricholoma mongolicum* Imai）

菌盖宽5—12厘米，白色，半球形，最后平展，光滑，边缘初期内卷；菌肉白色，厚，柄粗壮，长3.5—6厘米，粗1.5—3.5厘米，白色，内实，基部稍膨大，菌褶白色，稠密，中部宽，凹生；孢子无色，光滑，椭圆形，6—8×3—4微米（图100）。

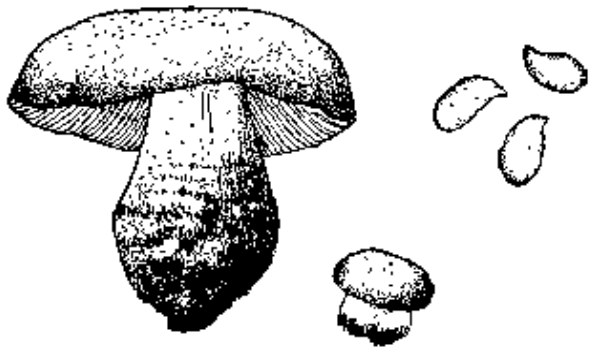


图100　口蘑的子实体及孢子

在我国盛产于内蒙古草原及河北省张家口以北草地，此菌由于大量放牧，牲畜粪便堆积而大量生长，有的形成蘑菇圈。可食，系口蘑属中品质最上者。

长根菇属〔*Collybia*（Fr.）Quel.〕

菌盖肉质，初期边缘内卷，很快平展；柄中生，脆骨质或表层脆骨质，其组织与菌盖相连；菌褶直生或凹生；孢子光滑，椭圆形或球形，无色，成堆时白色；常具囊状体。

本属常见的是鸡纵菌，味美可食。

鸡纵〔*Collybia albuminosa*（Berk.）Petch〕

鸡纵又称鸡菘菌，是西南著名的野生食菌。在四川称伞把菇，又称作豆鸡菇，在台湾称作鸡肉丝菇。

菌盖圆锥形，伸展后中央有显著凸起，宽5—16厘米，粘，光滑，中央凸起部分深褐色，向四周渐变为灰色，往往辐射状开裂；菌肉白色，厚，柄组织与菌盖相连，内实，纤维质，具脆骨质表层，常扭

曲，具一长假根，地上部分白色，长 3 —10 厘米，向上渐细，上部直径 5 —20 毫米，基部膨大处直径 1.5— 4 厘米，地下部分褐色至黑色，向下渐细，长 8 —40厘米；菌褶稠密，凹生至离生，宽 4 — 8 毫米，初期白色，后呈米黄色；囊状体棒形至袋形，壁薄，25—50×10—25 微米，越出子实层 12—15 微米；孢子无色，光滑，椭圆形，7—9×4—5 微米，有颗粒状内含物，成堆时粉红色（图 101）。

生于地上与白蚁巢相连。分布于江苏、贵州、云南、四川、福建、广东等地。可食，味美而鲜。

图 101　鸡枞的子实体及孢子

(IV)鹅膏菌科(Amanitaceae)

包脚菇属〔*Volvaria*(Fr.)Quel.〕

菌盖肉质，柄生菌盖中央，易与菌盖分离，基部具膜质菌托，蛋壳形，在生长的初期，它在腐烂的草堆中长出一个灰色的鸡蛋形的菌体，其顶端颜色很深，带黑褐色，向下颜色愈浅，渐成白色。顶端渐渐地被内部发展的菌伞突破，被突破后残留的厚膜就留在菌柄的基部，成为菌托。伞盖下面有肉红色的菌褶，菌褶离生；孢子成堆时粉红色，椭圆形或近球形，光滑；生地上，很少木生。

本属有的种有毒，有的种可食，例如草菇，味美可食。

草菇〔*Volvaria volvacea*(Bull. ex Fr.)Quel.〕

丛生，菌盖宽 5 —19 厘米，钟形，伸展后中央稍凸起，灰色，有暗色纤毛，形成辐射条纹，中央凸起处灰黑色，往四周色渐浅；菌肉白色，松软，中央较厚；柄白色，内实，近圆柱形，长 5 —18 厘米，粗 8 —15毫米；菌托杯状，白色，上缘灰黑色；菌褶离生，白色，后变为

图 102　草菇的子实体及孢子

粉红色，稠密，中部宽；孢子光滑，椭圆形，6—8 × 4—5 微米，含 1 个油滴，成堆时粉红色（图 102）。

栽培：我国栽培草菇的区域都在气候比较炎热的地带，如广东、广西以及江西和福建的南部。

（1）栽培材料的选择和处理：在广西一般都用稻草。一种是把成捆的稻草浸入水中后立刻捞出来，不需要浸得很久。另一种是把稻草浸在水中一至二天取出。在多雨湿润的地方适合第一法，但在比较干燥的地方，应采取第二法，以便使稻草有充分的水来分解和发酵。

（2）堆草和下种：堆草的时候，把已经浸湿的草捆，根向内、梢向外地互相交错着堆垒起来。在每一层草上要把出过菇的旧草散上一层（称作下种）照此一层层的堆垒，一直到二尺高为止。草堆的宽度与草杆的长度大约相等。在堆积的时候，每一层都须用脚踏实，然后用乱草把草堆四周围盖起来，以防过量的蒸发。

（3）生长期间的管理：草菇生长期间的管理是非常简单的，下种后，要经常观察稻草的湿度，在干燥时就要及时浇水，浇水的时间最好在中午，因为这时水的温度最高，勿使菌床温度发生急剧的变化。

（4）出菇和收菇：如果下种后气温适宜，在二十天到一个月左右，草堆就向下陷落，这是草杆发酵成熟和菌丝发育完成的一种象征，这时草堆上面已经有小菇可以看见，七、八天后草菇就开始出现。从栽培到盛产大约要一个半月左右，以后就可以陆续采收。

鹅膏属（*Amanita* Pers. ex Gray）

菌盖肉质，柄中生，易与菌盖分离，有菌托和菌环，但有些种菌环早期消失而菌托也多半被埋没面很难发现。菌褶离生；孢子印白色，孢子无色，球形至椭圆形，壁光滑。

本属有 50 余种，均为土生。其中一些种是剧毒的，如白毒伞。有的种被应用于抑制肿瘤。

白毒伞〔*Amanita verna*(Bull. ex Fr.)Pers. ex Vitt.〕

别名：白鹅膏，春生鹅膏，白帽菌。菌体白色，比较细长，有环和较肥大的托，菌体幼时鸡蛋形，后钟形，老后平展，纯白色，表面光滑，菌盖宽 7—12 厘米；菌肉白色；菌褶白色离生；菌柄白色，光滑，基部膨大，长 10 厘米，粗 2—2.5厘米；菌环生于柄的上部，白色，膜质，上有不明显条纹；菌托白色；孢子无色，近球形，8 —11.2×6.2—10 微米(图 103)。

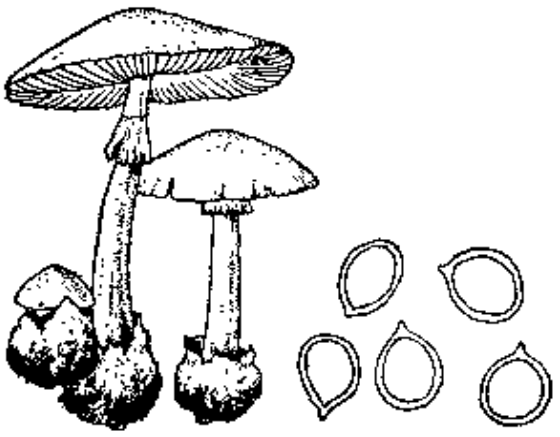


图 103 白毒伞的子实体及孢子

产地：河北、河南、江苏、安徽、吉林、广西、江西、四川等地。6 月至 9 月杂木林中地上散生。

毒性及中毒症状：此菌极毒，能严重损害肝、脑、心、肺、肾、胃和肠道等重要器官及中枢神经系统并引起死亡。

(V)伞菌科(Agaricaceae)

伞菌属(*Agaricus* L. ex Fr.)

菌盖肉质，表面平滑，无毛或有微细的纤维状鳞片，伞盖白色、灰色、黄色或带黄赤色；菌柄中生，肉质，容易与菌盖离开；有菌环；菌褶离生；孢子印黑色，紫褐色，孢子卵圆形或椭圆形，壁平滑。

本属有 60 余种，生于田野和林中地上，大部分的种可食，少数有毒。普通常见的栽培种是洋蘑菇。

洋蘑菇〔*Agaricus bisporus*(Lange)Sing.〕

群生至丛生，菌盖宽 7 —12厘米，扁半球形至平展，不粘，光

滑，白色至淡黄色，菌肉白色，厚 1.4—2 厘米，柄与菌盖同色，近圆柱形，内部松软或内实，光滑，5—9 ×1.5—3 厘米；菌环生柄之中部，白色膜质；菌褶离生，密，中部宽，粉红色，后变为暗褐色；担子有 2 个担孢子，罕为一个；孢子椭圆形，光滑，紫褐色，6—8.5×4.5—6 微米（图 104）。

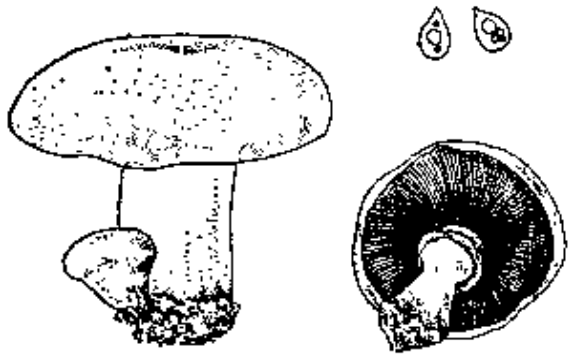


图 104　洋蘑菇的子实体及孢子

生于厩肥上。可食，是普通栽培种，分布极广。

除食用外，此菌可分解核糖核酸，得到 5′-胞苷酸、5′-腺苷酸、5′-尿苷酸、5′-鸟苷酸。另外利用此菌种还可产生抗细菌（格兰氏阳性、阴性）的抗生素和草酸。

灰包目(Lycoperdales)

灰包科(Lycoperdaceae)

马勃属(*Calvatia* Fr.)

担子果大，近球形、梨形或陀螺形；有或没有不孕基部；外包被往往薄，呈膜状，平滑或有斑纹，内包被薄，上部呈碎片脱落；孢丝很长，多分枝，易折断。

所有马勃的种都是可食的，内部纯白色时多是最好吃的。当孢子形成时，马勃中央开始变黄，此时味道已变，即使如此也无毒性，但不再可口。

我国约有 10 余种，分布在河北、新疆、青海、内蒙等十余省的林中地上和草原上。在马勃成熟后利用孢子可作止血药。最常见的是大马勃，有的子实体有时竟大至 1 米左右。

**大秃马勃〔*Calvatia gigantea*
(Batsch ex Pers.)Lloyd〕**

异名：(*Calvatia maxima*)(*Lycoperder giganteum*)(*Bovista maxima*)

担子果球形或近球形，直径15—20厘米或更大，不孕基部无或很小；包被白色，后变浅黄或淡青黄色，由膜状外被或较厚的内被所组成，起先微具绒毛，渐变光滑，脆，成熟后开裂成块而脱落，露出浅青褐色的孢体；孢子球形，光滑或有时具细微小疣，淡青黄色，直径3.5—5微米；孢丝长，与孢子同色，稍分枝，有稀少横隔，粗2.5—6微米（图105）。

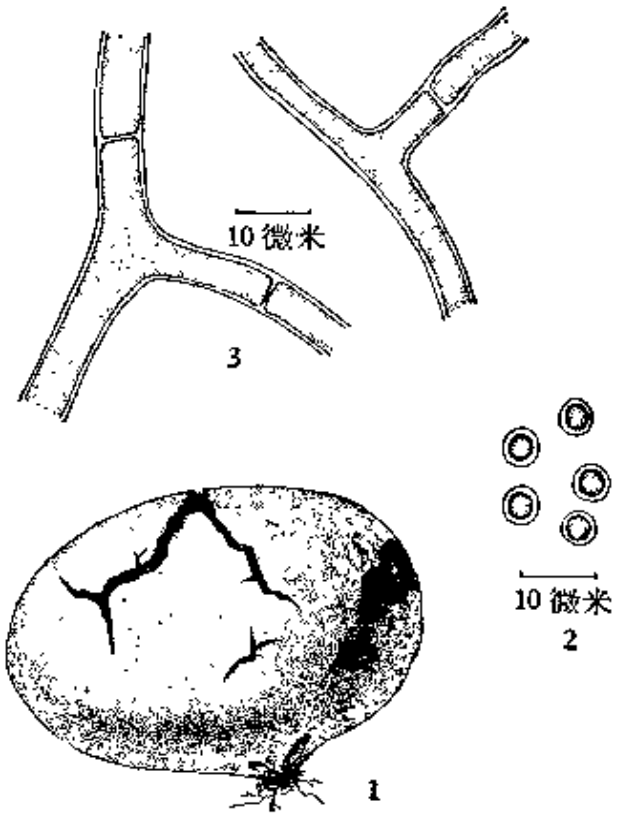


图105　大秃马勃
1.子实体　2.孢子　3.菌丝

生于旷野的草地上。分布：辽宁、内蒙古、河北、山西、甘肃、新疆、青海、等地。

成分：孢子含氨基酸、尿素、麦角固醇、类脂体等。

应用：孢子为收敛性消炎止血药，治吐血、咯血、衄血。拌蜜涂抹治恶疮、马疥，又可治扁桃腺发炎及止咳。本属还有数种的孢子亦可作止血用。

（四）半知菌类（FUNGI IMPERFECTII）

目前已知，半知菌类大约有26,000种，是具有分隔的菌丝体

的真菌，其中许多种是腐生菌，但是在工业上有着重要用途，而另外许多种则是引起动物、植物病害的病原菌。这些真菌，只能以分生孢子或菌丝的断片进行繁殖，在它们的生活史中，仅发现了其无性阶段，所以在真菌学中称之为半知菌（或称谓不完全菌）。事实上，现在已经知道，许多半知菌是子囊菌的分生孢子阶段，例如灰绿曲霉群为散子囊菌（*Eurotium*）的无性阶段；构巢曲霉（*Aspergillus nidulans*）为构巢裸壳胞菌（*Emericella nidulans*）的无性阶段；串珠镰刀菌（*Fusarium moniliforme* Sheld.）为稻恶苗赤霉菌（*Gibberella fujikuroi*）的无性阶段；茄病镰刀菌（*Fusarium solani*）为红隐壳菌（*Hypomyces haematococcus*）的无性阶段；禾谷镰刀菌（*Fusarium graminearum*）为玉米赤霉（*Gibberella zeae*）的无性阶段；鲜红轮枝孢（*Verticillum cinnabarinum*）为丛赤壳菌（*Nectria inventa*）的无性阶段；粉红胶霉（*Gliocladium roseum*）为似胶丛赤壳菌（*Nectria gliocladioides*）的无性阶段等等。少数半知菌是担子菌的无性阶段，例如，有人通过对粘红酵母（*Rhodotorula glutinis*）两个单倍体细胞结合后所产生的带锁状联合的双核菌丝的观察，而推测它的有性阶段与担子菌纲的黑粉菌目有关。根据这些实例，所以有人认为“半知菌是子囊菌的分生孢子阶段，或者更少数的是担子菌的分生孢子阶段。它们的有性阶段未曾发现，或者已丧失。”确实，有些菌被认为是半知菌，而若干年之后，发现了它们的有性阶段，这就需要按照有性阶段的特征来归属于子囊菌或担子菌中。但是大多数种，至今还未找到有性阶段。

大家知道，真菌的自然分类系统，主要是根据有性阶段的性状而定的。但是半知菌却不具备这个条件，它们的数目又如此之多，而分类的目的，一则是为了表示它们彼此之间的亲缘关系，更重要的是为了认识、鉴别和利用它们。为此对半知菌的鉴定，只好按人为的系统进行分类，就是把这类真菌列入半知菌“形式纲（Deuteromycetes）”，并根据分生孢子阶段某些共同的形态特征，而逐级归类于“形式目”、“形式科”、“形式属”中，所谓“形式纲、目、科、属、种”，是人为的，完全是为了便于鉴定而已，从上述的例子中可以看

出，这种人为的分类系统与自然的亲缘关系无关。如半知菌中某属内不同种，可能是属于子囊菌中的不同属，反之子囊菌中同一属的菌，按其分生孢子阶段的特征，可能列为半知菌的不同属中。这个实际情况，可能使人产生混乱的感觉。然而，如果我们掌握了这种情况，了解到半知菌与子囊菌的关系之后，利用人为的分类系统来鉴别半知菌，就会感觉到确实比较方便。事实上，有些种类在人工培养基上或自然界，很难找到它的有性阶段，为此，国际植物学协会，1950 年在斯德哥尔摩会议上，决定给予按分生孢子阶段命名的合法权。

既然半知菌对国民经济有着重大意义，其数量又相当可观，而且采用“形式目、科、属、种”的分类方式已得到合法化，所以，这里我们仍然采用过去一直被大家通用的四个形式目即拟球壳孢目(Sphaeropsidales)、黑盘孢目(Melanconiales)、丛梗孢目(Moniliales)、无孢群(Mycelia sterilia)，它们之间的差异如下。

丛梗孢目 分生孢子梗的特征，形状各异，有些种类极简单，有的顶端形成各种形态的子实结构或分生孢子头。它是半知菌中最大的一个目。

黑盘孢目 分生孢子生于垫状的分生孢子盘上，当分生孢子成熟后，分生孢子盘破裂，释放出分生孢子(如为寄生菌，分生孢子盘则产生于寄主表皮下层，如在培养基上则形成短的并在一起的分生孢梗簇)。

拟球壳孢目 分生孢子生于形似子囊壳的分生孢子器中。分生孢子器为黑色，通常顶部有一个孔口，在其内部环生极短的分生孢子梗。当分生孢子器被压破后，孢子成不规则的团块放出。

无孢群 这类菌不产生分生孢子，只有菌丝，或成团的真菌细胞。

丛梗孢目(Moniliales)

(I)隐球酵母科(Cryptococcaceae)

假丝酵母属(*Candida* Berkhout)

发酵：

葡萄糖	+	乳糖	—
麦芽糖	—	棉子糖	+
半乳糖	—	蜜二糖	—
蔗糖	+		

同化碳源

葡萄糖	+	蜜二糖	—
麦芽糖	+	纤维二糖	+
半乳糖	—	D-木糖	+
蔗糖	+	可溶性淀粉	—
乳糖	—	D-阿拉伯糖	—
棉子糖	+	L-阿拉伯糖	—

不分解脂肪。

同化氮源：硝酸钾	+	硫酸铵	+

有人曾从酒坊的酵母沉淀、牛的消化道、花、人的唾液中分离出产朊假丝酵母。

人们在微生物蛋白中研究得最多的是酵母蛋白。其中以产朊假丝酵母和啤酒酵母是最常用的。产朊假丝酵母的蛋白质含量和维生素 B 含量都比啤酒酵母为高。它能够以尿素和硝酸作为氮源，在培养基中不需要加入任何刺激生长的因子即可生长。特别重要的是它能够利用五碳糖和六碳糖，即能利用造纸工业的亚硫酸废液，还能利用糖蜜、土豆淀粉废料、木材水解液等生产出人畜可食的蛋白质。在酵母的工业生产上一般都不用淀粉废料，若利用时则常常把能分泌淀粉酶的肋状拟内孢霉（*Endomycopsis fibuliger*）或柯达氏拟内孢霉（*Endomycopsis chodati*）同时加入培养，产朊假丝酵母利用拟内孢霉分解淀粉所产生的糖作为碳源生长其菌体。

解脂假丝酵母解脂变种〔*Candida lipolytica* (Harrison) Diddens et Lodder var. *Lipolytica*〕

在葡萄糖-酵母汁-蛋白胨液体培养基中培养：25°C三天，细胞卵形到长形，卵形细胞3—5×5—11微米，长细胞可长达20微米(图107-1)。有菌醭产生。管底有菌体沉淀，不能发酵。

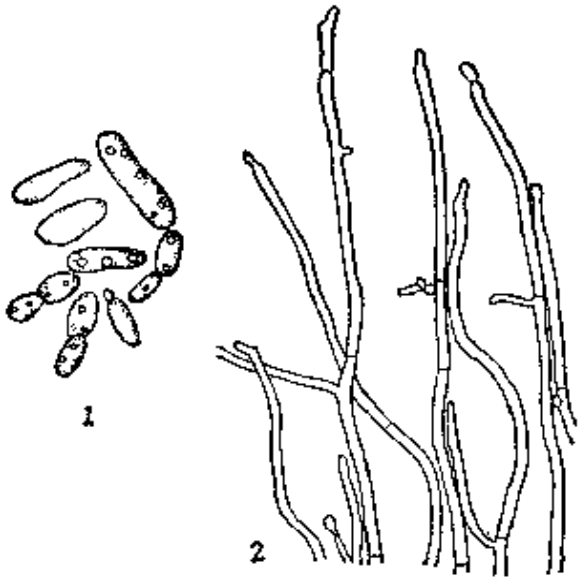


图107　解脂假丝酵母解脂变种
1.细胞　2.假菌丝

培养在麦芽汁琼脂斜面的菌落为乳白色，粘湿，无光泽。有些菌株的菌落有褶皱或表面菌丝状。边缘不整齐。

在加盖片的玉米粉琼脂培养基上培养时可见假菌丝和具横隔的真菌丝。在真、假菌丝的顶端或中间可见单个或成双的芽生孢子，有时芽生孢子轮生，有时呈菌丝假丝酵母型(图107-2)。

发酵：不发酵任何糖。

同化碳源：

葡萄糖	+	蜜二糖	—
麦芽糖	—	纤维二糖	—
半乳糖	—	D-木糖	—
蔗糖	—	可溶性淀粉	—
乳糖	—	D-阿拉伯糖	—
棉子糖	—	L-阿拉伯糖	—

分解脂肪。

胨化牛奶。

同化氮源：　硝酸钾　—　硫酸铵　+

从黄油、人造黄油、石油井口的油黑土、一般土壤、炼油厂、生产动植物油脂车间等处取样可分离到解脂假丝酵母。

解脂假丝酵母都是从含有动植物油及矿油的物质中分离出来的。它不能发酵，能同化的糖和醇类也很少，但是分解脂肪和蛋白质的能力很强，因此容易与其他酵母相区别。国外对于酵母利用石油的研究是最近十多年才开始的。其所以被重视主要原因是石油价格便宜，原料集中，用来培养酵母不但得到蛋白质，又能除去正烷烃(脱蜡)，降低石油馏分的凝固点，比用物理化学方法脱蜡简单。解脂假丝酵母能利用煤油等正烷烃，是石油发酵制取蛋白质的较优良的菌种。它同化长链烷烃比其他假丝酵母为好，英、法、捷克都用烃类培养解脂假丝酵母来生产蛋白质。苏联除了用此菌以外也用其他酵母。法国一个中间工厂每天约生产 50 吨的干解脂假丝酵母。烃类氧化菌对各种烃类的氧化是有选择性的，不能对各种不同数目碳原子的烃类都氧化，所以了解了各类酵母氧化不同烃类的能力，再按原料的特性选用各种烃类混合物作基质时，用二株或二株以上的菌混合培养不但提高菌体产率，又可混合发酵脱去石蜡以得到所需低凝固点的石油馏分。有人将中型假丝酵母(*Candida intermedia*)和解脂假丝酵母同时接种于含有溶解 2、6、10、14-四甲基十五烷的高碳蜡中，使 C_{15-28} 范围的正烷烃类都能氧化。繁殖时间为 3—8 小时，菌体收率达 74.2—89.5%。含氮量为 6.75—8.81%（相当于粗蛋白量 42.2—55.0%），含脂量为 1.9—13.4%。用柴油混合培养上述两种菌，菌体收率达到柴油中正烷烃含量的 70—90%，繁殖时间为 4—9 小时，柴油中 C_{19-24} 的正烷烃都能很好的氧化。菌体含氮量为 8.8—9.3%（相当于粗蛋白 55.0—58.1%）。在酵母中其含氮量是很高的。由于原油或一般柴油中含有各种烃类，为了提高氧化收率，混合培养是一种有希望的方法。

解脂假丝酵母的柠檬酸产量也较高，每毫升可达 14.3 毫克。1969 年国外由烷烃发酵柠檬酸转化率达 56%。日本人选到一株解脂假丝酵母在含 4—6% 的正十烷、十二烷、十四烷、十六烷的培

养基中 26℃ 振荡培养 6—8 天，柠檬酸的转化率达 13—53%，产量为每毫升 5—34 毫克。有人报道将解脂假丝酵母培养在含 8.0% 市售石蜡(C_{10-19})的培养基中，并加适量维生素 B_1，可积累谷氨酸的前体物 α-酮戊二酸 5.68%，转化率为 71%。以正烷烃作为碳源时解脂假丝酵母产生维生素 B_6 较多，产量可达 400 微克/升左右。此外，介脂假丝酵母也产生脂肪酸。

热带假丝酵母〔*Candida tropicalis* (Cast.) Berkhout〕

在葡萄糖-酵母汁-蛋白胨液体培养基中培养：25℃ 三天，细胞卵形或球形 4—8 × 5—11 微米（图 108-1）。液面有醭或无醭，有环，菌体沉淀于管底。

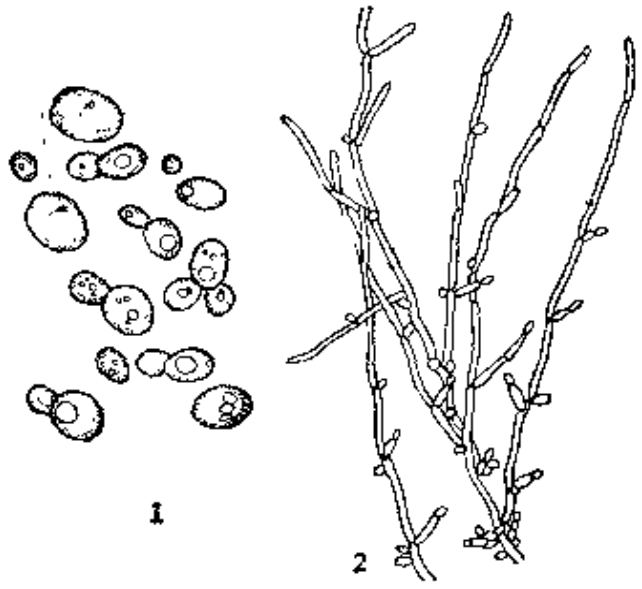


图 108　热带假丝酵母
1. 细胞　2. 假菌丝

培养在麦芽汁琼脂斜面上菌落白色到奶油色，无光泽或稍有光泽，软而平滑或部分有皱纹。培养久时菌落渐硬并呈菌丝状。

在加盖片的玉米粉琼脂培养基上培养，可见大量假菌丝，包括伸长的分枝假菌丝，上面带有芽分生孢子或轮生而分枝的或成短链的芽生孢子。有时有菌丝圆酵母型的假菌丝。真菌丝也可产生（图 108-2）。

发酵：

葡萄糖	+	乳糖	—
麦芽糖	+	棉子糖	—
半乳糖	+	蜜二糖	—
蔗糖	+		

同化碳源：

葡萄糖	+	蜜二糖	−
麦芽糖	+	纤维二糖	±
半乳糖	+	D-木糖	+
蔗糖	+	可溶性淀粉	−
乳糖	−	D-阿拉伯糖	−
棉子糖	−	L-阿拉伯糖	±

不分解脂肪。

同化氮源：　硝酸钾　−

从人体、唾液、乳酒、小虾、牛的盲肠中曾找到热带假丝酵母。

苏联和日本等国用含烃类物质培养各种假丝酵母来生产蛋白质，其中也有热带假丝酵母。热带假丝酵母氧化烃类能力强，故可利用煤油，培养在正烷烃 C_{7-24} 的培养基中只同化壬烷，而热带假丝酵母朗必克酒变种（*Candida tropicalis* var. *lambica*）完全不能同化正烷烃。热带假丝酵母在含 230—290°C 石油馏分的培养基中经 22 小时培养后可得到相当于烃类重量 92% 的菌体，故为石油蛋白生产的重要酵母。日本人研究热带假丝酵母的生长速率为 0.367 克/升/小时，最适 pH 为 7。在含 10% 轻油的培养基中能生长得很好，含脂量高达 7%。在他们筛选的氧化烃类能力强的菌种中最优秀的有热带假丝酵母和阴沟假丝酵母（*Candida cloacae*）。用农副产品和工业废料也可培养热带假丝酵母做饲料。

白色假丝酵母〔*Candida albicans* (Robin) Berkhout〕

在葡萄糖-酵母汁-蛋白胨液体培养基中培养，25°C 三天，细胞球形或短卵形，有时有腊肠形 3.5—6×6—14 微米（图 109-1）。液面无醭，有薄环。

培养在麦芽汁琼脂斜面上的菌落为奶油色，闪光或呈蜡状，软而平滑。保藏已久的菌株菌落渐变硬或有皱褶，或有发状突起。

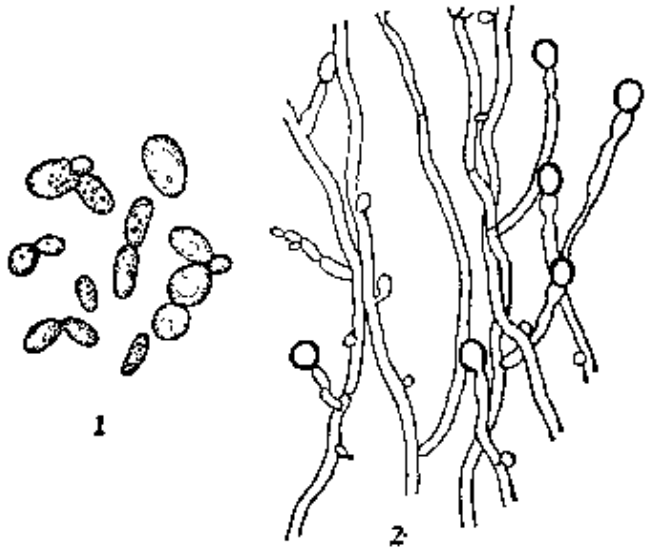


图 109　白色假丝酵母
1. 细胞　2. 假菌丝

在加盖片的玉米粉琼脂培养基上培养，形成大量假菌丝，同时也产生真菌丝，同一株可有不同型的假菌丝，如菌丝圆酵母型、芽枝酵母型、假丝酵母型和类菌丝圆酵母型（图109-2）。

新分离菌株的假菌丝上常带有球状成团的芽生孢子，菌丝中间或顶端常有大而薄壁的圆形、梨形或瓶形细胞，它们可以发展成为厚垣孢子，培养久了的假菌丝上芽生孢子少，而真菌丝更多。

发酵：

葡萄糖	+	乳糖	—
麦芽糖	+	棉子糖	—
半乳糖	±	蜜二糖	—
蔗糖	—		

同化碳源：

葡萄糖	+	蜜二糖	—
麦芽糖	+	纤维二糖	—
半乳糖	+	D-木糖	+
蔗糖	+	可溶性淀粉	+
乳糖	—	D-阿拉伯糖	—
棉子糖	—	L-阿拉伯糖	±

不分解脂肪。

同化氮源：硝酸钾　—　　硫酸铵　+

由人体和恒温动物体上常可分离到白色假丝酵母，它是致病菌。也有人从羊的消化道和植物体上分离到这种菌。

白色假丝酵母可利用煤油，利用 C_{9-12} 及 C_{15-18} 的正烷烃能力较强，而对十三烷、十四烷利用稍差。在以正烷烃为碳源时产生维生素 B_6 较多。

由白色假丝酵母引起的疾病叫假丝酵母病 (Candidiasis)。它是侵染脑和神经系统并导致脑膜炎的病原真菌，婴儿得病后死亡率很高。此外也感染眼睛。

乳酒假丝酵母〔*Candida kefyr*(Beijerinck) van Uden et Buckley〕

异名：类热带假丝酵母乳糖变种〔*Candida pseudotropicalis*(Castellani) Basgal var. *lactosa*(Hansen) Diddens et Lodder〕

乳分枝球酵母(*Mycotorula lactis* Trüper)

在葡萄糖-酵母汁-蛋白胨液体培养基中培养，25℃三天，细胞短卵形到长卵形，3.5—9×6—14 微米，最长可达 22 微米（图 110-1）。

麦芽汁琼脂斜面上的菌落奶油色到淡黄色，软。

在加盖片的玉米粉琼脂培养基上培养形成多分枝的假菌丝，芽生孢子较少（图 110-2）。

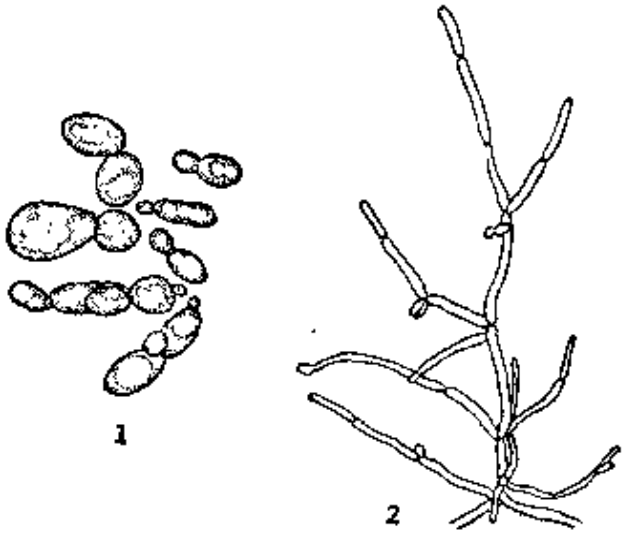


图 110　乳酒假丝酵母
1. 细胞　2. 假菌丝

发酵：

葡萄糖	+	乳糖	+
麦芽糖	−	棉子糖	+
半乳糖	+	蜜二糖	−
蔗糖	+		

同化碳源：

葡萄糖	+	蜜二糖	−
麦芽糖	−	纤维二糖	±
半乳糖	+	D-木糖	−
蔗糖	+	可溶性淀粉	−
乳糖	+	D-阿拉伯糖	−
棉子糖	+	L-阿拉伯糖	±

不分解脂肪。

同化氮源：　硝酸钾　−　硫酸铵　+

未脱脂的牛奶（全乳）和乳酒是适于乳酒假丝酵母繁殖的场所。

此菌与奶酪和乳酒的酿造有关。

球拟酵母属(*Torulopsis* Berlese)

细胞球形、卵形或稍带些长形。无假菌丝或仅有极原始的形式。其增殖为多边芽殖，无子囊孢子、冬孢子、掷孢子、内生孢子或节孢子。无色素。可形成孢外多醣，但遇碘无反应(不变蓝)。

在液体培养基内有沉渣及环，有时生菌醭，但不是那种乾而蔓延的类型。

通常有发酵力。不能以肌醇作碳源。这个属有很多种能进行酒精发酵。

这属有一定的经济意义，某些种能产生不同比例的甘油、赤藓醇、D-阿拉伯糖醇，有时还有甘露醇。在合适的条件下能将40%葡萄糖转化成多元醇。

在上述多元醇中尤以甘油为重要的化工原料，在国防上用于制造硝化甘油无烟火药，化工上用于制造合成橡胶、环氧树脂、电影胶片、清漆、防腐剂。农业上用于制杀虫剂。医药上用于防腐。轻化工业上用于制牙膏、卷烟。印刷工业用于做柔软剂，特别是由于在国防上的重要性因而国外在二次大战中都相继建立了发酵法生产甘油的工厂。我国也已用糖蜜发酵法来制造甘油。总之球拟酵母在这方面的用途很值得注意。

这属中还有氧化烃类较好的菌株，在 220—250℃ 石油馏分中培养能得 70% 菌体。由于烃类氧化菌对各种烃类的氧化是有选择性的，因此当基质是各种烃类的混合物时，可同时接种二株或二株以上的菌株提高菌体产率。

此属中原来有一个种名为食用球拟酵母〔*Torulopsis utilis* (Henneb.)Lodder〕，又名产朊圆酵母（*Torula utilis* Henneb.），其蛋白质含量高可作饲料酵母，其维生素、氨基酸含量也符合标准，和啤酒酵母相仿，这一种酵母现又名产朊假丝酵母〔*Candida utilis* (Henneb.)Lodder et Kreger-van Rij〕在此不详细介绍。

此外这个属中也有能产生有机酸的，如柠檬酸，但产量不高。有的种也还能产油脂。

此属还有几种为致病菌可侵染人脑，或使啤酒及其他发酵食物腐败，所以对人类也有一定危害。

其分布多半在土壤、水及灰尘中，酱油中的氧化型酵母也常包括有球拟酵母。

娄德(1970)在此属中录了 36 种，此处仅以二个种为例。

白色球拟酵母〔*Torulopsis candida*(Saito)Lodder〕

在葡萄糖-酵母汁-蛋白胨液体培养基中 25℃ 培养三天，细胞多数为球形至卵形，腊肠形为数极少，大小一般由 2.5－4×3－5微米至 4－7×5－8.5 微米。有时形成很薄的菌醭(图 111)。

图 111　白色球拟酵母

在麦芽汁琼脂斜面上培养三天，菌落为乳白色，表面平，有光泽，边缘整齐。

在加盖片的玉米粉琼脂培养基上培养，一般不形成假菌丝。

发酵：

葡萄糖	－或弱	乳糖	－
麦芽糖	－	棉子糖	－或弱
半乳糖	－	蜜二糖	－

蔗　糖	－或弱	海藻糖	－或弱

同化碳源：

葡萄糖	＋	蜜二糖	＋或－
麦芽糖	＋	纤维二糖	＋
半乳糖	＋	D-木糖	＋
蔗　糖	＋	可溶性淀粉	＋(弱)或－
乳　糖	＋(弱)或－	D-阿拉伯糖	＋(弱)或－
棉子糖	＋	L-阿拉伯糖	＋
乙　醇	＋		

同化氮源：　　硝酸钾

不分解杨梅苷。

白色球拟酵母可由空气、荔枝、苹果、烟草、发酵的奶油、冻牛肉、昆虫、猪皮肤之溃疡处、鳞屑癣、伤口和脓等处分离到。

这个种能产生D-阿拉伯糖醇及赤藓醇，又可作为利用烃类生产蛋白质的菌种，此菌还能产生柠檬酸但产量不太高。

球形球拟酵母〔*Torulopsis globosa* (Olson et Hammer) Lodder et Kreger-van Rij〕

按娄德1970年的意见认为这一种酵母在生理上与 *Citeromyces matritensis* 相同。

图112　球形球拟酵母

在麦芽汁中25—28℃培养三天，细胞圆形或近卵形4.5－6×5－7.5微米，有沉渣(图112)。

在麦芽汁琼脂斜面上生长，菌落乳白色，表面光滑，有光泽，边缘整齐。

在加盖片的马铃薯-葡萄糖琼脂上培养，不形成假菌丝。

发酵：

葡萄糖	＋	乳　糖	－
麦芽糖	＋(很弱)或－	棉子糖	＋1/3

半乳糖	−	蜜二糖	−
蔗　糖	+		

同化碳源：

葡萄糖	+	蜜二糖	−
麦芽糖	+	纤维二糖	−
半乳糖	−	D-木糖	−
蔗　糖	+	可溶性淀粉	−
乳　糖	−	D-阿拉伯糖	−
棉子糖	+	L-阿拉伯糖	−
乙　醇	+（弱）		

同化氮源：　　硝酸钾　+

这一种酵母菌可生长在浓糖基质上，如炼乳、蜜饯、果脯等处，为耐高渗透压的菌种。

红酵母属（*Rhodotorula* Harrison）

细胞圆形、卵形或长形，其增殖为多边芽殖，某些种的少数菌株可能形成像厚垣孢子样的细胞，或形成不同长度的假菌丝或真菌丝，但多半不形成假菌丝，不形成子囊孢子及掷孢子。

有明显的红色或黄色色素，很多种因生荚膜而形成粘质样菌落。

红酵母属均不发酵，但能同化某些糖类，不能用肌醇为唯一碳源，无酒精发酵能力。

在碳酸钙琼脂培养基上产酸，多半不液化明胶。

红酵母属中有较好的产脂肪的菌种，可由菌体提取大量脂肪。有的种对正癸烷、正十六烷及石油有弱氧化作用，并能合成 β-胡萝卜素。这属也有几种为人类及动物的致病菌。空气中常有，因而食品也常被其污染。在自然界常能遇见。也有人称它为红的圆酵母。

根据娄德(1970)所录这个属包括 9 个种，4 个变种，此处仅介绍二种。

粘红酵母粘红变种〔*Rhodotorula glutinis* (Fr.) Harrison var. *glutinis*〕

在麦芽汁中 25—30℃ 培养三天，细胞卵形到球形 2.3—5.0×4.0—10 微米，某些菌株细胞较长可长达 12—16 微米，其宽度可增到 7 微米。有环和少量沉渣，培养一个月以上环就呈现红色，沉渣也就增多（图 113）。

图 113　粘红酵母粘红变种

在麦芽汁琼脂斜面上培养，细胞比液体麦芽汁中小一些，有时也长一些。在斜面上培养一月以上，菌苔颜色呈现珊瑚红到橙红色或微带桔红色。表面可由光滑到褶皱，有光泽，质地粘稠有时发硬，其横切面扁平到有较宽的凸起，边缘不规则到整齐，顶端常有较原始的假菌丝。

在加盖片的玉米粉琼脂培养基上培养通常无假菌丝或只是较原始类型的假菌丝。但偶尔在某些菌株其假菌丝很发达，有时甚至出现真菌丝。

发酵：均不发酵

同化碳源：

葡萄糖	+	蜜二糖	—
麦芽糖	+	纤维二糖	+（偶而—）
半乳糖	+（弱）—	D-木糖	+或慢，弱
蔗　糖	+	可溶性淀粉	—
乳　糖	—	D-阿拉伯糖	+或—
棉子糖	+（少数或—）	L-阿拉伯糖	+或—
乙　醇	+（少数—）		

同化氮源：硝酸钾　+

分解杨梅苷。

曾由空气、水、花、土壤、鳟鱼肠道、泡菜水、腌小虾、榆树叶的液汁、白杨树的粘液等处分离到粘红酵母。

这个种能氧化烷烃，为较好的产脂肪菌种。据报道其脂肪含量可达乾物量的50—60%，但合成脂肪速度缓慢，如培养液中添加氮及磷可增大合成速度，产1克脂肪约需4.5克葡萄糖。在一定条件下还能产生α-丙氨酸和谷氨酸，其产蛋氨酸的能力很强可达乾重的1%。

深红酵母〔*Rhodotorula rubra*(Demme)Lodder〕

在麦芽汁中25—30℃培养3—5天，细胞短卵形到长形，单个或成对，这个种的某些菌株细胞形成短链或成丛，宽度2—5.5微米，长度可分几等：短细胞为2.5—6.5微米；中等长度为4.5—10微米；长细胞为6.5—14微米，偶而出现很长的细胞。环完整或不完整，有少量沉渣。在麦芽汁中培养一月以上，所呈现的粉红色或浅或深，或有橙红色的环，通常不形成醭，有时有些发粘(图114)。

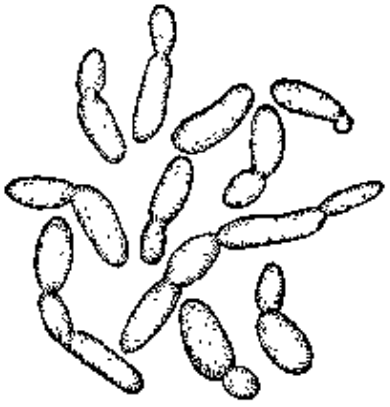


图114　深红酵母

在麦芽汁琼脂斜面上培养，细胞形状与麦芽汁液体中相仿。在斜面上培养一月以上，菌落由深珊瑚红到粉红或橙红色，表面光亮，通常光滑，但有时为网状，多皱或缩成波状，质地软到粘状(某些粘的菌体均流至斜面的底部)其横切面为较低的凸而到扁平。菌落边缘有时有些原始的假菌丝。

在加盖片的玉米粉琼脂培养基上培养，无假菌丝或只有原始型假菌丝。某些有长细胞的菌株，在玉米粉培养基上加1%吐温-80(Tween 80)可促使其假菌丝和真菌丝都发达起来。

发酵：均不发酵

同化碳源：

葡萄糖	+	蜜二糖	−
麦芽糖	+	纤维二糖	+或−
半乳糖	+弱或−	D-木糖	+

乳　糖	—	可溶性淀粉	—
棉子糖	+	D-阿拉伯糖	+(少数弱或—)
乙　醇	+或—	L-阿拉伯糖	+(少数弱或—)

同化氮源：硝酸钾　—

分解杨梅苷。

曾由空气、水、花、果酱、发酵的烟草、人的皮肤、头发、粪便、溃疡的伤口、染病指甲，以及肺结核病人的痰等分离到。此外如鳟鱼的肠道、啤酒中也找到过深红酵母。

(II) 丛梗孢科(Moniliaceae)

地霉属(*Geotrichum* Link)

营养繁殖为裂殖。有真菌丝，可断裂为圆柱形或圆筒形的节孢子。无芽生孢子及子囊孢子。下面举白地霉和鲁氏地霉为例：

白地霉(*Geotrichum candidum* Link)

异名：乳卵孢霉〔*Oidium lactis* Fresenius 或 *Oospora lactis*(Fr.)Sacc.〕

麦芽汁培养28—30°C 一天，生白色酵，毛绒状或粉状，韧或易碎。真菌丝，有的有二叉分枝，横隔多或少，菌丝宽 2.5—9 微米，一般为 3—7 微米。裂殖。节孢子单个或连接成链，长筒形、方形，也有椭圆或圆形，末端圆钝。节孢子绝大多数为 4.9—7.6×5.4—16.6 微米(图 115-1)。

麦芽汁琼脂斜面划线培养，28—30°C 三天，菌落白色，毛状或粉状，皮膜型或脂泥型。菌丝及节孢子形状与麦芽汁中的近似。

麦芽汁琼脂悬滴培养，28—30°C 14 小时，节孢子发芽形成菌丝，有横隔，悬滴边缘处菌丝有的断裂为节孢子。22 小时一部分菌丝末端断裂成节孢子链(图 115-2)。

麦芽汁琼脂上巨大菌落，25—28°C 三天，菌落直径 30—40 毫米，5 天达 50—70 毫米。培养 5 天的菌落白色，绒毛状或粉状，扁

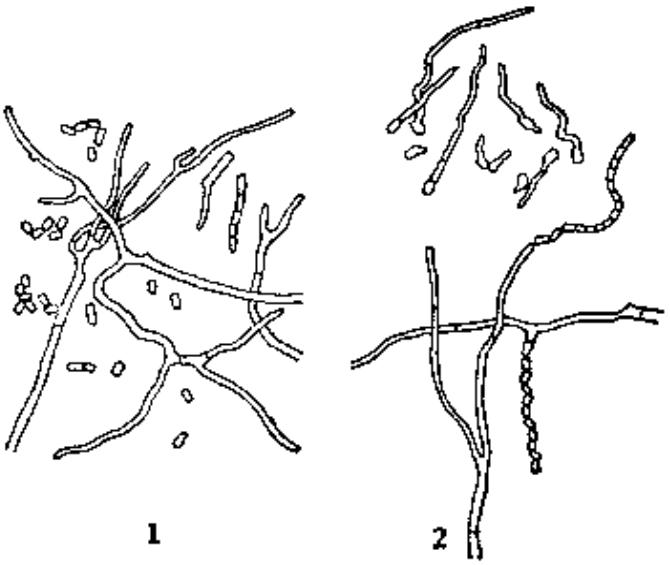


图 115　白地霉

1. 细胞　2. 悬滴培养　上：培养 14 小时，节孢子发芽成菌丝　下：培养 22 小时，菌丝断裂成节孢子链

平，均匀，有同心圈或放射线，有的中心突起。有些菌株易起角变，如在粉状菌落中生扇形绒毛状角变。

发酵：多弱发酵葡萄糖、甘露糖、果糖，有的弱发酵半乳糖。

葡萄糖	+	（生酸）	蔗糖	−
半乳糖	+	（−或弱）	乳糖	−
山梨糖	+	（−或弱）	蜜二糖	−
木糖	+	（生酸）	纤维二糖	−
L-阿拉伯糖	±		棉子糖	−
麦芽糖	−		可溶性淀粉	−
			肝糖	−

同化醇类：同化甘油、乙醇、山梨醇、甘露醇。不同化赤藓醇(Erythritol)、阿东糖醇(Adonitol)、卫茅醇(Dulcitol)及肌醇。

不分解杨梅苷。

分解果胶。

分解油脂。

同化氮源：蛋白胨＋、硫酸铵＋、天门冬素＋、尿素＋、硝酸钾−。

水解蛋白；多液化明胶及胨化牛奶，少数能胨化牛奶但不液化明胶。

生长最高温度：33—37°C。

从动物粪便、有机肥料、烂菜、土壤、蔬菜、青草、树叶、青贮饲料、泡菜、垃圾等处都可分离到白地霉，其中以烂菜上分布最多，肥料和动物粪便次之。

白地霉的营养价值比产朊假丝酵母并不差。因此可供食用及做饲料，也可提取核酸。白地霉又可合成脂肪，但含量不如红酵母、脂肪酵母(*Lipomyces*)等。

我国在“七〇二”的推广过程中，不少地区用白地霉提取核酸来生产“七〇二”。目前能生产“七〇二”的有甘蔗化工厂、糖厂、酒厂、粉厂、食品厂、饮料厂、豆腐厂、制药厂等等。所用原料有废糖蜜、酒糟、豆腐渣、豆腐水、红薯干浸出液、粉坊废水等等。

鲁氏地霉(*Geotrichum ludwigii* Hansen)

麦芽汁中培养：28—30°C 一天，有半透明的白色膜状醭，易碎，液浑，有沉淀，强发酵。真菌丝，无二叉分枝，横隔多，菌丝宽4.5—11.9微米。裂殖，节孢子多单个或成双，长筒形、方形，末端圆钝，也有的一端稍尖，体积较大，一般为 10.5—14.2×17.1—33.2 微米，小的为 5.4×11.3 微米(图 116-1)。

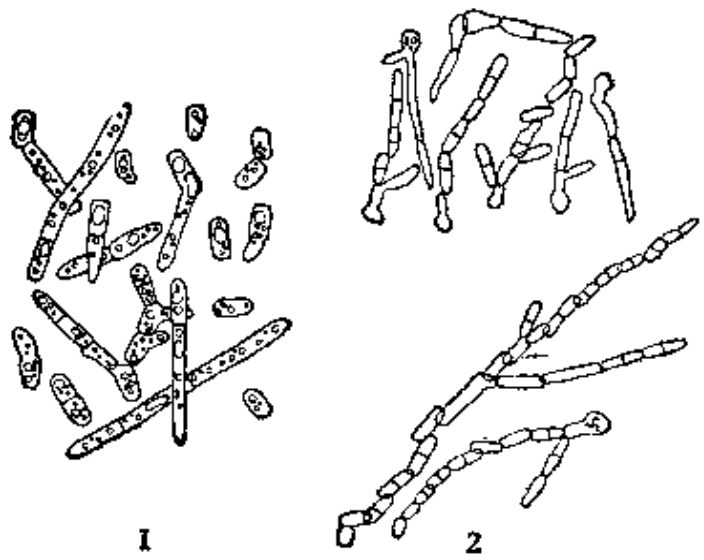


图 116 鲁氏地霉

1. 细胞 2. 悬滴培养 上：14 小时菌丝多横隔 下：22 小时菌丝已完全断裂为节孢子链

麦芽汁琼脂斜面划线培养，28—30°C 三天，菌落白粉状，质地脂泥，边缘毛刺。

麦芽汁琼脂悬滴培养，28—30°C 14 小时菌丝横隔多，不少已断裂

为节孢子。22小时所有菌丝全部断裂为节孢子链(图116-2)。

麦芽汁琼脂上巨大菌落，28—30°C三天，菌落直径约9毫米，5天时为13毫米，白色，中心或有极浅的淡黄色，扁平，中心脂泥状，周围粉状，边缘尚整齐。

发酵：强发酵葡萄糖、蔗糖。

同化糖类：同化葡萄糖(生酸)、半乳糖(生酸)及蔗糖(生酸)；不同化山梨糖、麦芽糖、乳糖、纤维二糖、蜜二糖、棉子糖、木糖及D、L型阿拉伯糖。

同化醇类：同化甘油(生酸)、乙醇(生酸)、山梨醇(生酸)、甘露醇(微产酸)；不能同化赤藓醇、阿东糖醇、卫茅醇及肌醇。

不分解杨梅苷。

分解果胶。

不分解油脂。

同化氮源：同化蛋白胨、硫酸铵、尿素及天门冬素；不同化硝酸钾。

水解蛋白：不液化明胶，不胨化牛奶。

生长最高温度：33°C。

曲霉属(*Aspergillus* Micheli)

此属菌在自然界分布极广，从两极到热带都有，几乎在一切类型的基质上都能出现。某些嗜高渗透压的种在相对湿度70%左右也能发育生长。在湿热的条件下常能引起皮革、布匹及其他工业产品的严重生霉劣化，许多种能引起食物和饲料霉坏变质有的甚至产生毒素。在试验室中引起污染，造成工作中的麻烦。还有一些种能使人及动物致病称为曲霉病害。但由于它们强大的酶活性故又可利用于许多工业生产。我国自古以来就利用曲霉做发酵食品，例如利用黄曲霉群的一些菌系的蛋白质分解能力作酱，利用黑曲霉的糖化能力制酒等等。现在发酵工业生产中利用曲霉生产柠檬酸、葡萄糖酸及其他有机酸类和化学药品。酶制剂的生产也是极为重要的一项。通过菌种的选育诱变，得到了不少的优良菌系。

在我国各地大搞发酵饲料的群众运动中，多以此属的某些种如黑曲霉等进行发酵。此外尚可用于产生抗生素和甾族化合物的转化等其他用途。由于其生物化学变化的多样性，许多新的用途尚待发掘。

根据瑞波（K.B.Raper）及菲内尔（D. I. Fennell）的《曲霉属》（The Genus Aspergillus, 1965）一书，共分为 18 个群，承认了 132 个种和 18 个变种。

此属菌的营养菌丝体由具横隔的分枝菌丝构成，无色或有明亮的颜色，有少数类型可在局部缓慢地呈现褐色或其他颜色，一部分埋伏型，一部分气生型。可孕性分枝即分生孢子梗是从特化了的厚壁而膨大的菌丝细胞（足细胞）生出，并略垂直于足细胞的长轴。分生孢子梗大部无横隔，光滑，粗糙或有痣点，常在顶部膨大形成棍棒形、椭圆形、半球形或球形的可孕性的顶囊。顶囊表面产生小梗，小梗或平行簇生于顶囊顶部，或自顶囊全部表面放射状生出。小梗单层或双层。双层时，下面一层称为梗基（或称初生小梗），是上大下小的柱形细胞，每个梗基上再着生两个或几个小梗（或称次生小梗）。无论梗基或小梗都是由顶囊表面同时产生。分生孢子自小梗顶端相继形成（不是出芽方式），具有各种形状、颜色和纹饰，最后成为不分枝的链（参见图 14）。由顶囊、小梗以及分生孢子链构成分生孢子头。分生孢子头具有各种不同颜色和形状如球形、放射形、棍棒形或直柱形等。仅少数种能形成有性阶段，产生于囊果，是封闭式的，称为闭囊壳，壁薄，在几局内产生子囊和子囊孢子。某些种能产生或偶尔产生菌核及类菌核结构，多为球形或近球形。少数种可以产生不同形状的壳细胞。

此属菌的菌落颜色多样，而且比较稳定，是分类的主要特征之一。其他的依据是分生孢子头和顶囊的形状、大小；分生孢子梗的长度和表面特征；小梗的着生方式和大小；分生孢子和子囊孢子的形状、颜色、大小和纹饰等。鉴定时应以察氏琼脂培养基（见附录）培养作为标准。培养温度一般为 28—30°C，时间为 10—14 天，少数产生闭囊壳的菌种需要 2—3 周或更长一些时间。

前面已提到过曲霉属中仅少数菌种发现了有性阶段而大多数则没有(可能这些种已经丧失了有性生殖的能力，因为形成子囊的种也有明显的性退化)，如果按照国际命名法规将产生闭囊壳的菌种都根据有性阶段予以命名，则除归入散子囊菌属 (*Eurotium* Link)、萨托氏菌属 (*Sartorya* Vuill.) 和裸壳胞菌属 (*Emericella* Berk et Br.) 之外还要建立几个新属才能包括所有发现了有性阶段的种。鉴于曲霉是一类普遍分布又有重要经济价值而被广泛应用的菌类，并已长期广泛地采用了 *Aspergillus* 一名，因此瑞波等人认为 *Aspergillus* 属名用在包括有性阶段和无性阶段在内的一切种更为合适，不必因有性阶段的发现而恢复一些老属名以至另创新属。这样就不会把少数产生有性阶段的曲霉与大多数仅具无性阶段的曲霉割裂开来，从而有助于稳定世界上普遍采取的命名，特别给不专门搞分类的人带来方便。但这种作法毕竟不完全符合于国际植物命名法，不为所有的人都同意，因此，最好把有性阶段的名称注于括号内，其后随以相应的说明。

在鉴定曲霉时，某些种具有明确而稳定的形态，其单一菌系可用明确的术语描述，而另一些菌系则很符合这些描述，但是往往遇到这样的情况：不同的菌系形态虽然相似而又在细微部分有相当的差异，在菌系较少时这种差别还可看出，在菌系较多时由于形态特征的渐变致使这种差别不易觉察出来，为了避免对每个分离出的菌系都给以命名，最好应用汤姆 (C. Thom) 和瑞波的“种群”概念。即将密切相关的菌系集合为“种群”，由于在自然界大部分生物都有某些变异的趋势，也就是说一种常见而广泛分布的霉菌应包括在其左右略有差异的菌系，这种差异的幅度在某些菌较狭隘而对另一些菌则较宽，所以将它们集合为“种群”是符合客观情况的。汤姆和瑞波在他们的青霉和曲霉的专著中一再强调：任何系群中所承认的种不过是代表着接近于中心点的菌系，环绕着它集合了许多不同的菌系，理解了“种群”的含义就不会因遇到的菌种与发表种的描述有某些不符而无所适从了。

曲霉属群的检索表

1. 无梗基，小梗直接生于顶囊上……2
   有的孢子头上有梗基……7
   常有梗基……11
2. 顶囊长棒形……棒曲霉（*Aspergillus clavatus*）群
   顶囊其他形状……3
3. 孢子头放射形或极少柱形……4
   孢子头为明确的直柱形……5
4. 孢子头放射状，孢子团呈现某种绿色，常有大量的黄色闭囊壳……
   ……灰绿曲霉（*Aspergillus glaucus*）群
   孢子头放射状至疏松柱状，大，多为暗绿色至灰绿色，闭囊壳白色、紫色或橄榄色……华丽曲霉（*Aspergillus ornatus*）群
   孢子头放射状，小，粉红色至黄褐色，无闭囊壳……
   ……黄褐曲霉（*Aspergillus cervinus*）群
5. 菌落生长慢，暗绿色至暗褐绿色，幼分生生子短柱形，后变卵形，粗糙
   ……局限曲霉（*Aspergillus restrictus*）群
   菌落扩延，蓝绿色至烟绿色……
   ……烟曲霉（*Aspergillus fumigatus*）群……6
6. 无闭囊壳……烟曲霉系
   有白色闭囊壳……费氏曲霉（*Aspergillus fisheri*）系
7. 孢子头球形至放射形，老后裂开，紧接顶囊处的分生孢子梗不缢缩……8
   孢子头球形至放射形，紧接顶囊处的分生孢子梗缢缩……10
   孢子头放射形，但常变为多少象柱状……9
8. 孢子头暗褐色至黑色，分生孢子梗光滑，压挤时像压裂的甘蔗……
   ……黑曲霉（*Aspergillus niger*）群
   孢子头白色至奶油色，分生孢子梗光滑……
   ……白曲霉（*Aspergillus candidus*）群
   孢子头黄色至棕色……棕曲霉（*Aspergillus ochraceus*）群
9. 分生孢子梗粗糙，孢子头黄绿色至深橄榄褐色……
   ……黄曲霉（*Aspergillus flavus*）群
   分生孢子梗光滑或略现粗糙，孢子头黄褐色至污浅黄色……
   ……文氏曲霉（*Aspergillus wentii*）群
10. 孢子头单一类型，绿色至浅黄色，有两个种产生闭囊壳……
    ……淡黄曲霉（*Aspergillus cremeus*）群
    孢子头两种类型，大的是灰绿色至浅黄色，分生孢子梗常带褐色，不完整的小头在接近培养基表面或下面着生……
    ……稀疏曲霉（*Aspergillus sparsus*）群

11. 孢子头带绿色……12
孢子头其他颜色……14
12. 孢子头放射形，分生孢子梗大多无色……
……杂色曲霉（*Aspergillus versicolor*）群……13
孢子头柱形，分生孢子梗褐色，紫色闭囊壳内具有带色的子囊孢子，常有壳细胞……构巢曲霉（*Aspergillus nidulans*）群
13. 孢子头颜色单一，带绿色……杂色曲霉系
孢子头两种类型，白色和蓝绿色……
…… 两形曲霉（*Aspergillus janus*）系
14. 孢子头放射状至疏松柱状，淡褐橄榄色至污褐色，分生孢子梗褐色
……焦曲霉（*Aspergillus ustus*）群
孢子头疏松至不规则柱状，白色、浅黄色或紫色，分生孢子梗黄色、褐黄色或无色……黄柄曲霉（*Aspergillus flavipes*）群
孢子头紧密直柱状，桂皮色至橙褐色或淡黄色，分生孢子梗无色…
……土曲霉（*Aspergillus terreus*）群

棒曲霉（*Aspergillus clavatus* Desmazieres）

属于棒曲霉群。菌落生长快，直径 10 天可达 3—3.5 厘米，绒状或形成很厚的毡状，有的略带皱纹，带蓝灰绿色，有些菌系有显著的腐臭。分生孢子头初形成时为棍棒状，老后裂开成几个短柱。分生孢子梗粗大，长 1.5—3 毫米，直径 20—30 微米，光滑无色，顶端稍膨大形成棍棒状顶囊。顶囊长达 200—300 微米，宽 40—60 微米。小梗单层，密集，生于顶囊顶部者一般为 7—8×2.5—3.0 微米，生于下部者 2.5—3.5×2—3 微米。分生孢子椭圆形，光滑，3—4.5×2.5—3.5 微米（图 117）。

此菌在土壤中和腐败有机质上普遍存在，可产生棒曲霉素（clavacin），有些菌系有一定的蛋白质分解能力。

阿姆斯特丹曲霉〔*Aspergillus amstelodami* (Mangin) Thom et Church〕

有性阶段：（*Eurotium amstelodami* Mangin）

属于灰绿曲霉群。菌落在一般的察氏培养基上生长缓慢，在

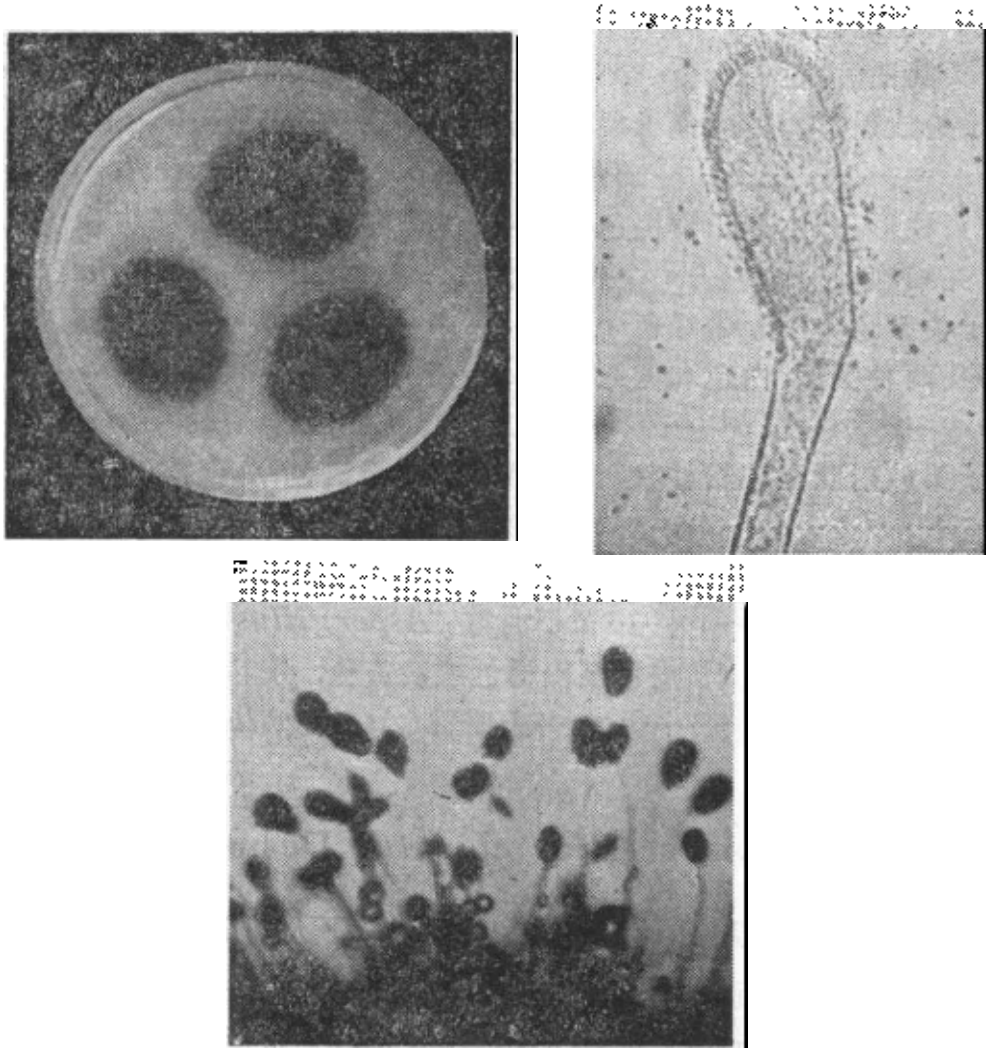


图 117　棒曲霉

上左：在察氏培养基上生长的菌落　下：分生孢子头和分生孢子梗　上右：顶囊　小梗和分生孢子

含糖20%的察氏培养基上生长扩延，两周内直径可达8—10厘米，略带皱纹，常浓绿色并具有硫黄色小粒，反面无色或淡黄色。分生孢子头放射状或略呈疏松柱状，大多120—150微米。分生孢子梗无色或淡黄绿色，275—350×10—12 微米，光滑。顶囊近球形，直径18—25 微米。小梗单层，5—6.5×2.5—3.5 微米。分生孢子近球形或椭圆形，具细刺，大小差异很大，一般 4.5—5.0×3.5—4.0 微米。闭囊壳球形至近球形，直径 140—160 微米，硫黄色。子囊孢子双凸镜形，全部粗糙，具明显的沟及圆钝的鸡冠状凸起，一般 4.7—5×3.6—3.8 微米（图 118）。有些菌系几乎完全是闭囊壳，很少产生分生孢子头。

灰绿曲霉群中尚有：匍匐曲霉〔*Aspergillus repens* (Corda) Sacc.〕（有性阶段：*Eurotium repens* Corda），子囊孢子光滑，4.8—5.6×3.8—4.4 微米，仅有沟的痕迹而无鸡冠状凸起，菌落混合着藏绿色及黄褐色，反面黄色至带褐色。赤曲霉〔*Aspergillus ruber* (Konig, Spieckermann et Bremer) Thom et Church〕（有性阶段：*Eurotium rubrum* Konig, Speckermann et Bremer），子囊孢子光滑，具有宽而浅的沟，5.2—6×4.4—4.8 微米，菌落锈红至深红色，是由于色素沉积于菌丝上形成的，反面红褐色。薛氏曲霉〔*Aspergillus chaevalieri* (Mangin) Thom et Church〕〔有性阶段：(*Eurotium chevalieri* Mangin)〕，子囊孢子具薄而明显的鸡冠状凸起，侧面看象一个滑轮，光滑，4.6—5×3.4—3.8 微米。前述诸种都具类似的分生孢子阶段（参见图 14-1）。

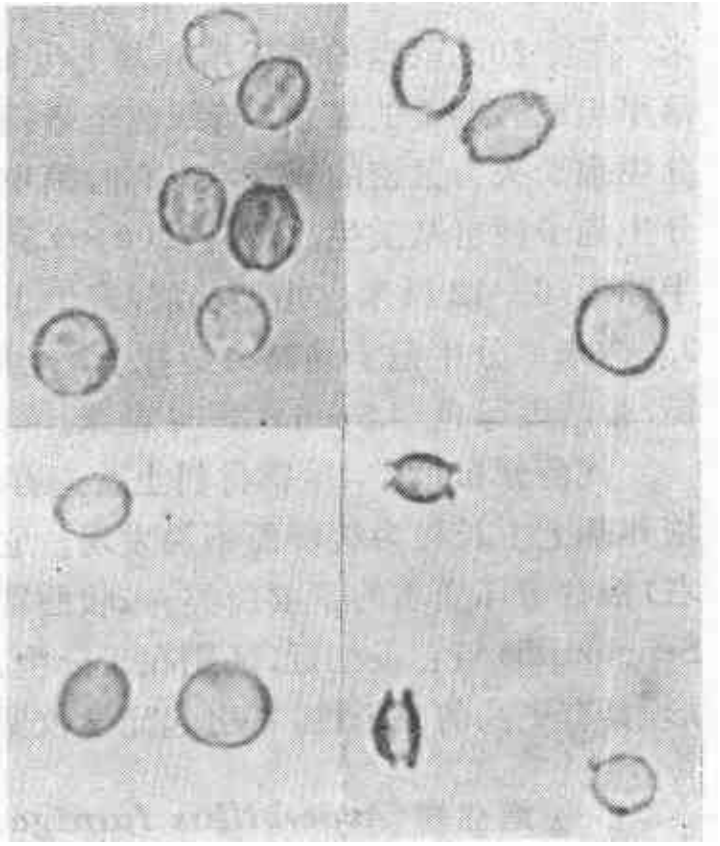


图 118　灰绿曲霉群的子囊孢子

上左：阿姆斯特丹曲霉　上右：赤曲霉

下左：匍匐曲霉　下右：薛氏曲霉

该群在自然界分布普遍，由于它们具有嗜干性的特点，孢子萌发的最低相对湿度在 65—80% 左右，能在高渗透压的基质上旺盛发育，但在一般的培养基上生长缓慢，易被其他菌所掩盖。它们是引起有机材料霉腐变质和侵害贮藏粮食的重要菌类，可作为霉腐试验菌。

局限曲霉（*Aspergillus restrictus* Smith）

属于局限曲霉群。菌落生长局限，14 天直径约为 0.5—1.5 厘

米，在含 20%蔗糖的察氏培养基上生长较快，可达 3—4 厘米。菌落平坦或有明显的皱褶，暗绿色至带褐绿色，反面无色至带绿色。分生孢子头为紧密的直柱状，有时稍现扭曲，长度可达 500 微米。分生孢子梗自基质生出，75—200×3.5—6 微米。顶囊稍圆锥形至半球形，6—12 微米。小梗单层，着生于顶囊的上部，5.5—10×2—3.3 微米。分生孢子幼时为短柱形，老后变为椭圆形或洋梨形，粗糙，带暗黑绿色，4.5—6×3—4 微米。

该菌分布很广，生霉材料上普遍存在，由于其嗜干性，在一般培养基上生长极为缓慢而不易发现。它是引起低水分（13.5%左右）粮食霉坏变质的重要菌类。帚状曲霉（*Aspergillus penicilloides* Sepgozzini）与它很相近，区别在于分生孢子头为放射状，顶囊近球形，具有更高的嗜干性，常引起光学仪器内部光学零件的生霉。

烟曲霉（*Aspergillus fumigatus* Fresenius）

属于烟曲霉群。菌落生长迅速，绒状或作一定的絮状，暗烟绿色，老后色变得更深，反面无色或带黄褐色。分生孢子头短柱状，长短不一，可达 400 微米，直径 50 微米。分生孢子梗短，光滑，可长达 300 微米，直径 5—8 微米，常带绿色。顶囊烧瓶形，直径20—30 微米，与分生孢子梗一样带绿色。小梗单层，生于顶囊上部，密集，一般 6—8×2.5—3.0 微米。分生孢子球形或近球形，细刺，大部分直径 2.5—3 微米（图 119）。

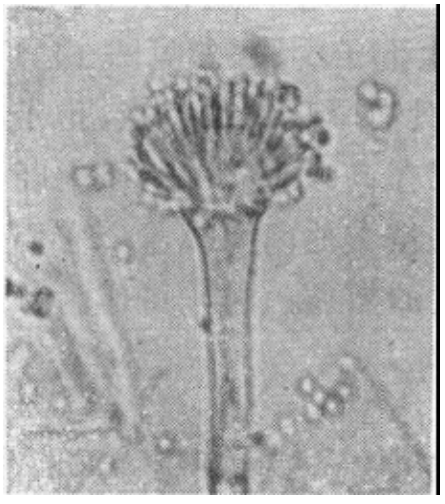


图 119　烟曲霉的顶囊和小梗

此菌在土壤中和腐败有机质上普遍存在，适应相当广泛的温度范围，并嗜高温，在 45℃ 或更高温度生长茂盛。在粮食发热霉变的中期和后期常大量出现，促进粮温的升高和败坏。这类菌还具有纤维素分解能力和油脂分解能力。某些菌系能产生抗生素烟曲素醌（Fumigatin）及刺曲霉素（Spinulosin）。烟曲霉是引起人，鸟类及其

他脊椎动物的病原菌，能寄生于肺内发生肺结核式病症。

棕曲霉(*Aspergillus ochraceus* Wilhelm)

属于棕曲霉群。菌落生长稍局限，10—14 天直径 3—4 厘米，赭色或浅黄色，埋伏型菌丝无色或具不同程度的黄色或紫色，反面带黄褐色至绿褐色。分生孢子头幼时为球形，老后散裂成 2—3 个分叉，各呈紧密的柱状。分生孢子梗长 1—1.5 毫米，直径 10—14 微米，带黄色，有明显的麻点。顶囊球形，一般 30—50 微米或更大些。小梗双层，自顶囊的全部表面密集着生，梗基一般 15—20×5—6 微米，小梗 7—11×2—3.3 微米。分生孢子球形至近球形，直径

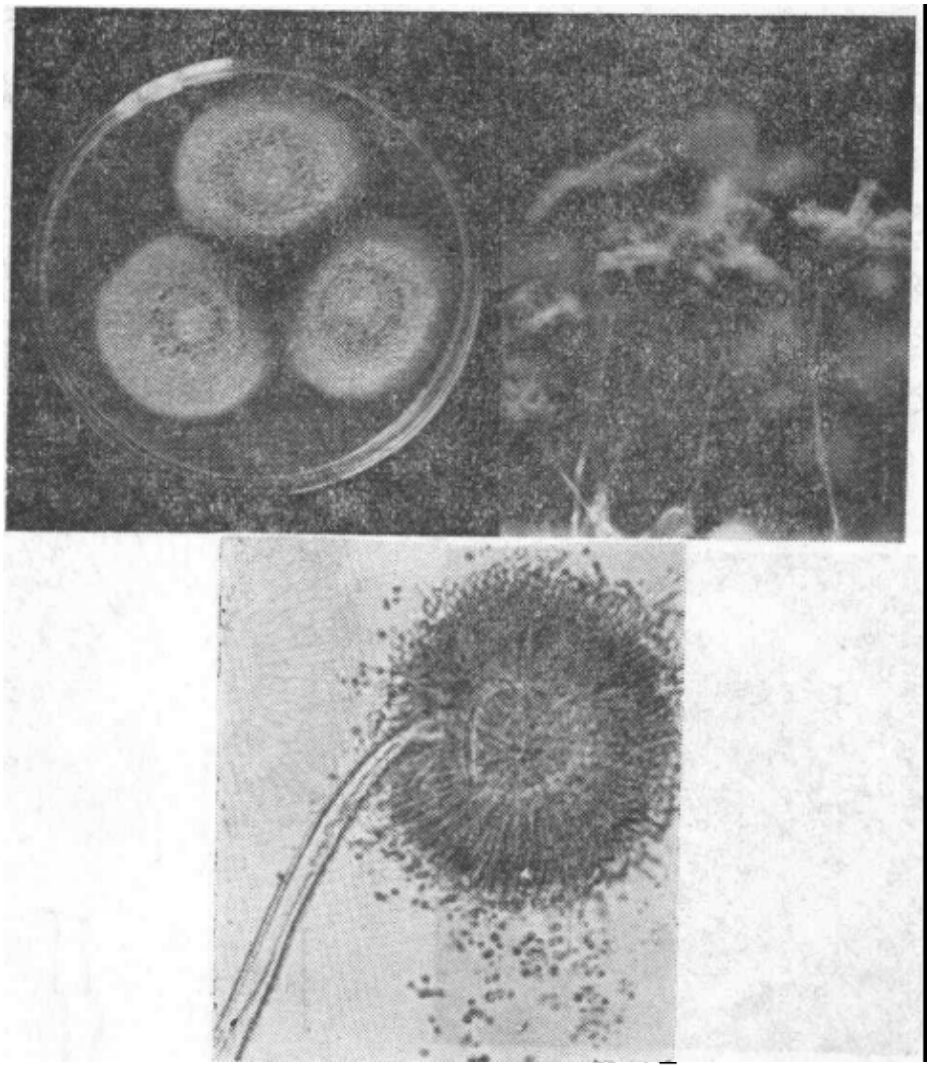


图 120　棕曲霉

上左：在察氏培养基上的菌落　上右：初为球形继变为散柱形的分生孢子头　下：顶囊，小梗及粗糙的分生孢子梗

2.5—3 微米或更大，常略粗糙。有些菌系产生较多的菌核，初期为白色，老后淡紫色，球形、卵形至柱形，直径可达 1 毫米(图120)。

该菌菌丝能转化孕甾酮为 11α 羟基和 6β，11α 二羟基的衍生物。已知被该菌孢子转化的甾族化合物将近 30 种，其中半数以上的转化率都达到 100%。

黑曲霉(*Aspergillus niger* van Tieghem)

属黑曲霉群。菌落生长稍局限，10—14 天直径可达 2.5—3 厘米，菌丝初为白色，常常出现鲜黄色区域，厚绒状，黑色，反面无色或中央部分略带黄褐色。分生孢子头幼时球形，渐变为放射形或裂成几个放射的柱状物，一般 700—800 微米，褐黑色。分生孢子梗自基质生出，长短不一，一般为 1—3 毫米，直径 15—20 微米，壁厚，光滑。顶囊球形一般直径为 45—75 微米。小梗双层，自顶囊全面着生，褐色，梗基一般 20—30×5—6 微米，长者可达 60—70 微米，宽 8—10 微米，有时具横隔，小梗 7—10×3—3.5 微米。分生孢子球形，直径大多4—5微米，褐色色素积于内壁和外壁间成为短棍状或块状而显现粗糙。有的菌系产生菌核，球形，白色，直径约1毫米（图 121)。

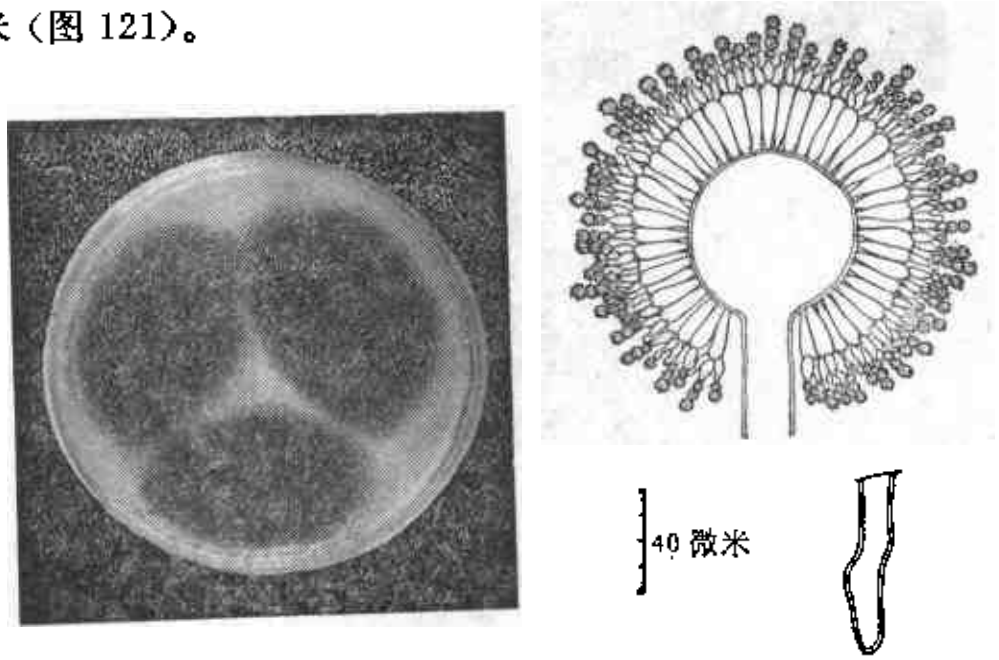


图 121 黑 曲 霉

左：在察氏培养基上的菌落　右：顶囊，小梗，分生孢子及足细胞

这一类菌在自然界分布极为广泛，在各种基质上普遍存在。能引起水分较高的粮食霉变，也是其他材料上常见的霉腐菌。黑曲霉具有多种活性强大的酶系，可用于工业生产，如淀粉酶用于淀粉的液化、糖化以及酒精工业或制造葡萄糖和消化剂。产生耐酸性蛋白酶用于蛋白质分解或食品、消化剂的制造。果胶酶用于水解聚半乳糖醛酸、果汁澄清和植物纤维精炼。柚苷酶和橙皮苷酶用于柑桔类罐头去苦味或防止白浊，葡萄糖氧化酶用于食品脱糖和除氧防锈，还可制造检糖试纸用于医疗诊断，黑曲霉产生的纤维素酶为 Cx 酶，粗制品中含有较强的蛋白酶及果胶酶，当底物 pH3.0 时它仍能作用。我国不少地方还利用黑曲霉制作发酵饲料。黑曲霉还能分解有机质产生多种有机酸如抗坏血酸、柠檬酸、葡萄糖酸和没食子酸等。某些菌系除了可在甾族化合物 11-α 位起羟化作用外，还能将羟基孕甾酮转化为雄烯。黑曲霉还可用来测定锰、铜、钼、锌等微量元素和作为霉腐试验菌。

日本曲霉（*Aspergillus japonicus* Saito）

属于黑曲霉群。菌落生长较快，10 天直径可达 5—6 厘米，绒状，紫褐色，反面幼时无色，后变为淡紫褐色。分生孢子头球形，老后散裂成几个松柱，小者在 300 微米以内，大者可达 600—700 微米。分生孢子梗 500—1000×5—10 微米，光滑。顶囊球形或稍长，20—30 微米。小梗单层 5.5—8×3—4.5 微米。分生孢子球形或近球形，具明显的小刺。有些菌系产生白色至奶油色的球形菌核，直径约 500 微米（图 122）。

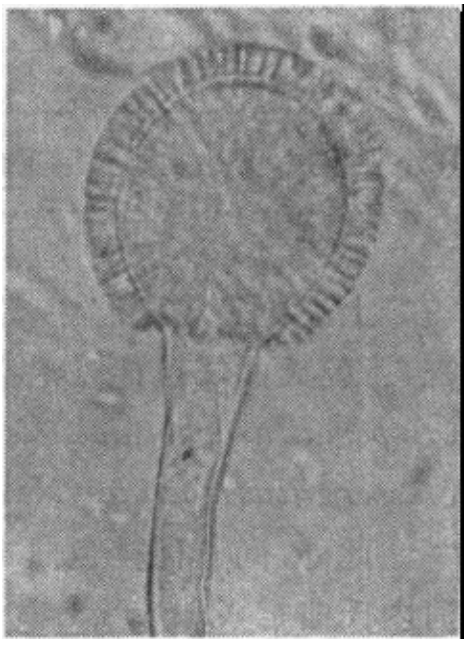


图 122　日本曲霉的顶囊及单层小梗

此菌在黑曲霉群中代表具有单层小梗的一种类型。

黑曲霉群在发酵工业中有用的菌

株很多，许多具黑色或近于黑色孢子头的菌株（其中不少是生产用菌）与黑曲霉的关系和区别不明确，曾沿用了一些名称，现仅引用坂口和饭冢二人的黑曲霉群检索表录于下面，其中以能否同化亚硝酸盐（用坂口氏培养基，见附录）作为一项生理指标，仅供参考：

I. 小梗双层

A. 分生孢子直径 5 微米以上 ……炭黑曲霉（*Aspergillus carbonarius*）

B. 分生孢子直径 5 微米以下

1. 分生孢子成熟后有明显的小突起 …… 黑曲霉（*Aspergillus niger*）

2. 分生孢子光滑或粗糙

a. 分生孢子头黑色，同化亚硝酸盐……宇佐美曲霉（*Aspergillus usamii*）

b. 分生孢子头黑色，不同化亚硝酸盐…… 斋藤曲霉（*Aspergillus saitoi*）

c. 分生孢子头橄榄色，同化亚硝酸盐……乾氏曲霉（*Aspergillus inuii*）

异名：琉球曲霉（*Aspergillus luchuensis*）

d. 分生孢子头褐色，同化亚硝酸盐……金黄曲霉（*Aspergillus aureus*）

e. 分生孢子头褐色，不同化亚硝酸盐……泡盛酒曲霉（*Aspergillus awamori*）

II. 小梗单层，分生孢子头紫黑色……日本曲霉（*Aspergillus japonicus*）

上述检索表菌名中，瑞波认为宇佐美曲霉（即所谓的乌沙米曲霉）、乾氏曲霉可能是泡盛酒曲霉的异名，斋藤曲霉是海枣曲霉〔*Aspergillus phoenicis*（Corda）Thom〕的异名，金黄曲霉是臭曲霉〔*Aspergillus foetides*（Naka.）Thom et Raper〕的异名。

此外，尚有肉桂色曲霉（*Aspergillus cinnamomeus* Schiemann），河内氏曲霉（*Aspergillus kawachii* Kita）形态上与黑曲霉极为相似，只是分生孢子头颜色极淡，作肉桂色或浅褐色，瑞波则认为是黑曲霉的突变种。

白曲霉(*Aspergillus candidus* Link)

属于白曲霉群。菌落生长局限，10—14 天直径 1.5—3 厘米，白色或带黄的奶油色，反面无色或淡黄色。分生孢子头大小不一，幼时球形，老后裂成几个疏松的短柱，大者直径 600—800 微米，小者可小于 100 微米。分生孢子梗长度不等，自不足 500 微米至 1000 微米以上，直径 5—10 微米。顶囊球形或近球形，小者 10 微米左右，大者可达 40 微米以上。小梗双层，在顶囊表面全面着生，梗基大小差别幅度很大，5—8×2.5—3.5 微米至 25—30×10—12 微米。在小的顶囊上可能只有为数不多的单层小梗生于顶囊上半部，有时可见同一顶囊上单、双层小梗同时存在。分生孢子球形、近球形至近椭圆形，2.5—4 微米，光滑。有些菌系产生菌核，初期白色，后变成紫红色至黑色(图 123)。

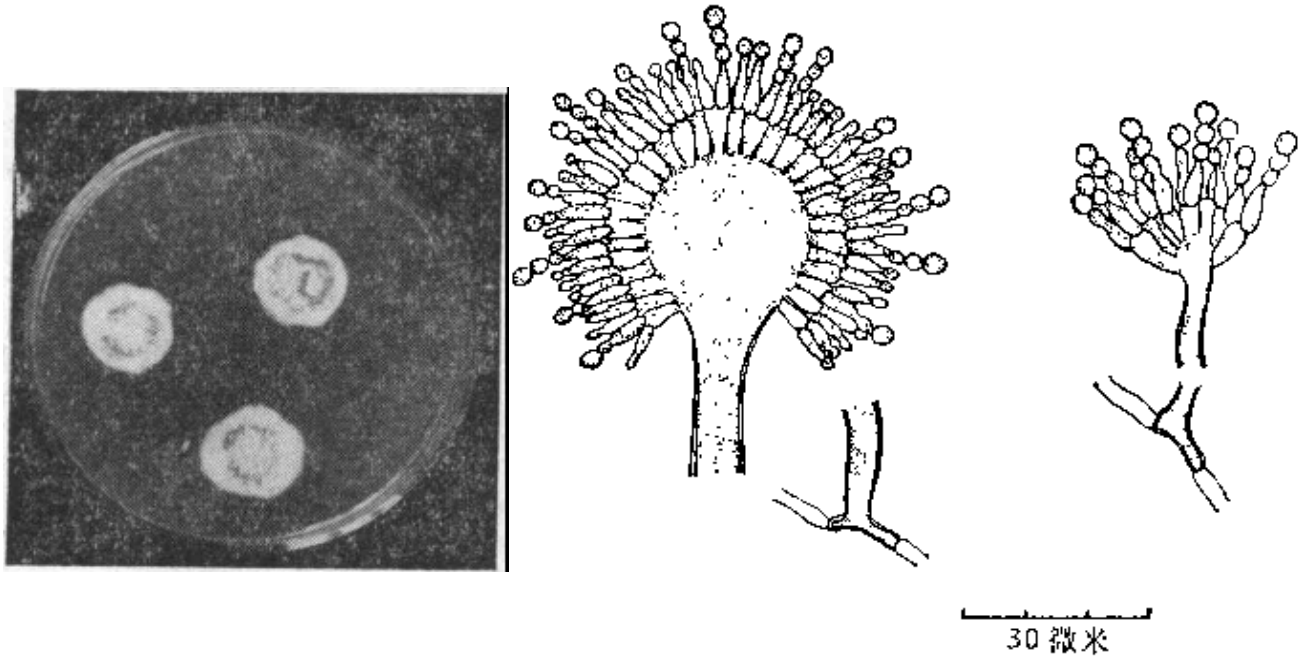


图 123　白曲霉

左：在察氏培养基上的菌落　右：顶囊，小梗及分生孢子

此菌能生于含水分极低的材料上，培养时可采用含糖浓度高的培养基。有的菌系有蛋白质分解能力和果胶分解能力，并可产生甘露醇。

黄曲霉(*Aspergillus flavus* Link)

属于黄曲霉群。菌落生长较快，10—14 天直径达 3—4 或 6—7 厘米，最初带黄色，然后变成黄绿色，老后颜色变暗，平坦或有放射状皱纹，反面无色或略带褐色。分生孢子头疏松放射形，继变为疏松柱状。分生孢子梗多直接自基质生出，极粗糙，长度一般小于 1 毫米，直径 10—20 微米。顶囊烧瓶形或近球形，10—65 微米，一般为 25—45 微米。小梗单层、双层或单、双层同时生于一个顶囊上，梗基 6—10×4—5.5 微米，小梗 6.5—10×3—5 微米，在小型顶囊上只有一层小梗。分生孢子球形、近球形或稍作洋梨形，3—6微米，粗糙。有些菌系产生带褐色的菌核(图124)。与此菌十分相近

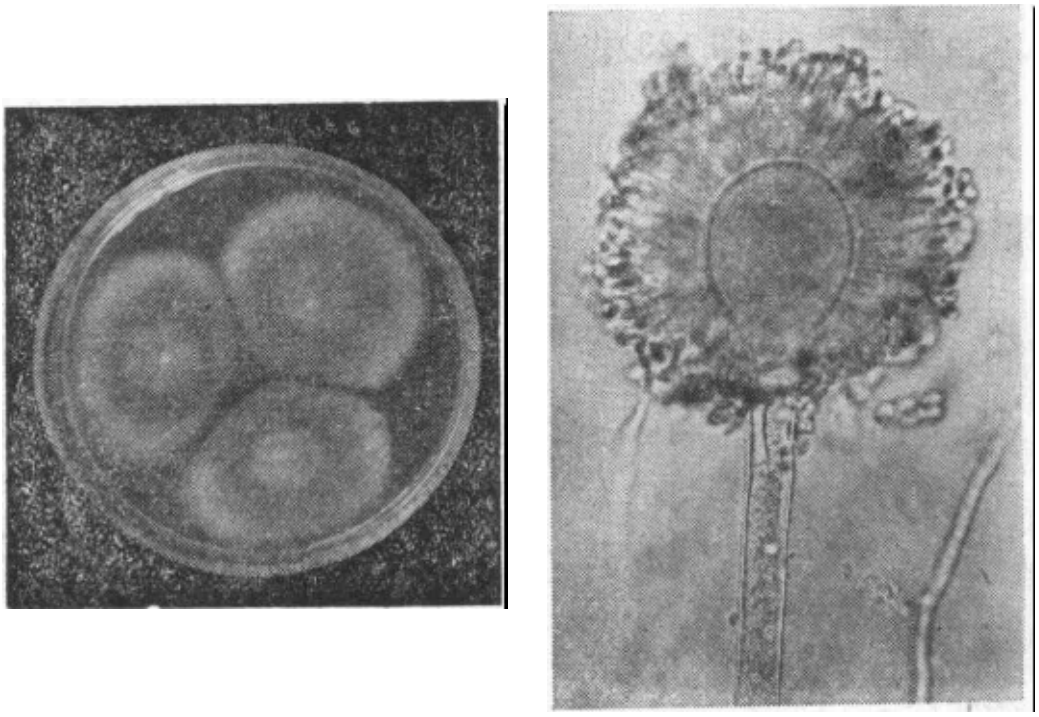


图 124 黄 曲 霉

左：在察氏培养基上的菌落　右：顶囊，小梗，及分生孢子梗

的有寄生曲霉 (*Aspergillus parasiticus* Speare)，与黄曲霉的主要区别在于小梗是纯单层；还有溜曲霉 (*Aspergillus tamarii* Kita)，其区别在于菌落颜色，后者幼菌落为绿色，继而变为典型的褐色。

米曲霉〔*Aspergillus oryzae*(Ahlburg)Cohn〕

属于黄曲霉群。菌落生长较快，直径10天可达5—6厘米，质地疏松，初为白色、黄色，继变为带黄褐色至淡绿褐色，但不呈真正的绿色，反面无色。分生孢子头放射形，直径150—300微米，少有达400—500微米者，少有疏松柱状。分生孢子梗一般2毫米左右，近顶囊处直径可达12—25微米，壁较薄，粗糙。顶囊近球形或烧瓶形，通常40—50微米。小梗一般为单层，12—15×3—5微米，偶有双层，梗基8—12×4—5微米，小梗8—10×3—3.5微米，也有单、双层小梗同时存在于一个顶囊的情况。分生孢子幼时洋梨形或椭圆形，老后大多变为球形或近球形，一般4.5—7微米，大者可达8—10微米，粗糙或近于光滑(图125)。

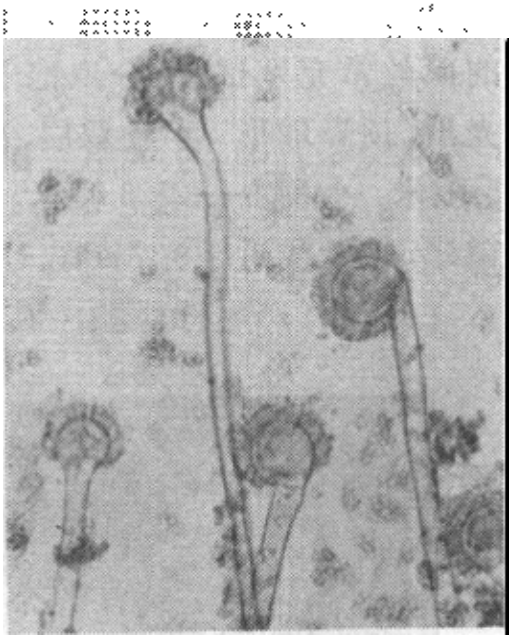


图125　米曲霉的顶囊和小梗

黄曲霉群在自然界分布极广，无论是土壤、腐败的有机质、贮藏的粮食以及各类食品上都会出现。米曲霉则较多地发现于发酵食品。它们能产生淀粉酶、蛋白酶、果胶酶等，有的已做成酶制剂用于工业生产。它们还可以产生溶血酶类用于消除动脉及静脉血栓。有些菌系能产生多种有机酸如柠檬酸、苹果酸、延胡索酸等。该群的主要生化特点是都能产生曲酸，可用作杀虫杀菌剂以及胶片之脱尘剂。黄曲霉能分解DNA产生5′-脱氢胞苷酸、5′-脱氧脉苷酸、5′-脱氧鸟苷酸和5′-脱氧胸啶酸。黄曲霉中的某些菌系能产生黄曲霉毒素(Aflatoxin)，特别在花生或花生饼粕上易于形成，能引起家禽家畜严重中毒以至死亡。由于黄曲霉毒素还能致癌，近年来引起极大的注意，各国研究很多。不少是从食品、饲料上分离到的野生菌。据日本近期的报道，他们的工业发酵生产用菌尚未发现能产生黄曲霉毒素的菌系，但从市

售小麦粉、小豆粉以及自家酿造的味噌（一种发酵食品）等的污染菌中则分离到能产生该毒素的黄曲霉。我国有关部门也注意了此问题。黄曲霉还可用作霉腐试验菌。

文氏曲霉(*Aspergillus wentii* Wehmer)

属文氏曲霉群。菌落生长局限，10 天直径达 2—3.5 厘米，致密絮状，有白色或带黄色的气生菌丝。分生孢子头球形，直径达500至800微米，棕褐色或近于咖啡色。在试管培养时，培养基上部的菌丝常充塞试管。分生孢子梗可长达几毫米，直径 10—25 微米，光滑。顶囊球形。小梗双层，生于顶囊全部表面，梗基 10—20×3—5 微米，小梗 6—8×3 微米。分生孢子球形或稍呈椭圆形，4.5—5 微米，粗糙或近于光滑(图 126)。

此菌可产生柠檬酸，其分生孢子的淀粉酶能转化可溶性淀粉

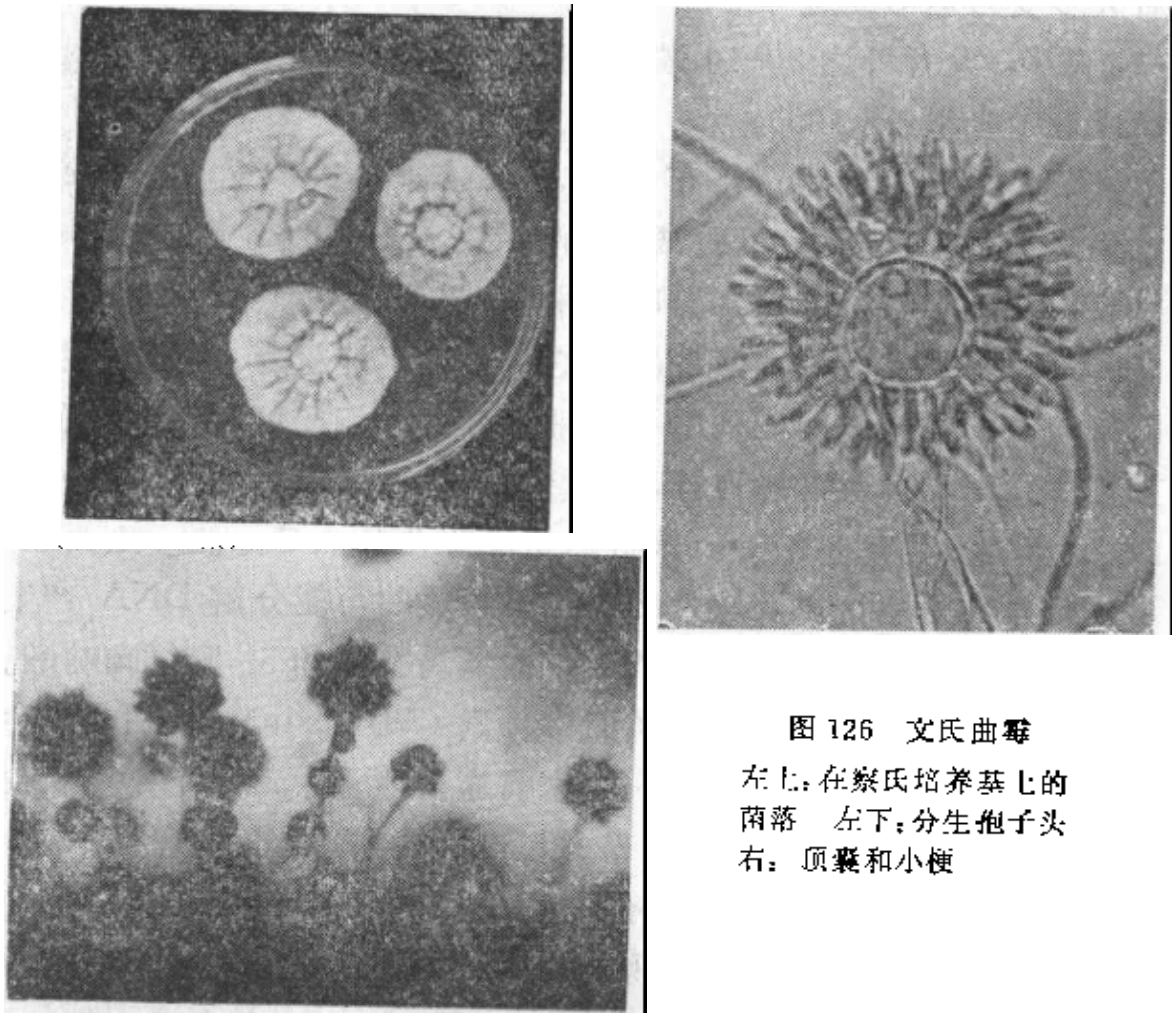


图 126　文氏曲霉

左上：在察氏培养基上的菌落　左下：分生孢子头　右：顶囊和小梗

为葡萄糖。

杂色曲霉〔*Aspergillus versicolor*(Vuill.)Tiraboschi〕

属于杂色曲霉群。菌落生长局限，14天直径为2—3厘米，绒状、絮状或两者同时存在，颜色变化范围相当广泛，不同的菌系可能在局部有淡绿、灰绿、浅黄甚至粉红色，反面近于无色至黄橙色或玫瑰色。有的菌落有无色至紫红色的液滴。分生孢子头疏松放射状，100—125微米。分生孢子梗光滑，无色或略带黄色，长者可达500—700×12—16微米。顶囊半椭圆形至半球形，在上半部或四分之三部位上着生小梗。小梗双层，梗基5.5—8×3微米，小梗5—7.5×2—2.5微米。分生孢子球形，粗糙，2.5—3微米或稍大。有些菌系产生球形的壳细胞(图127)。

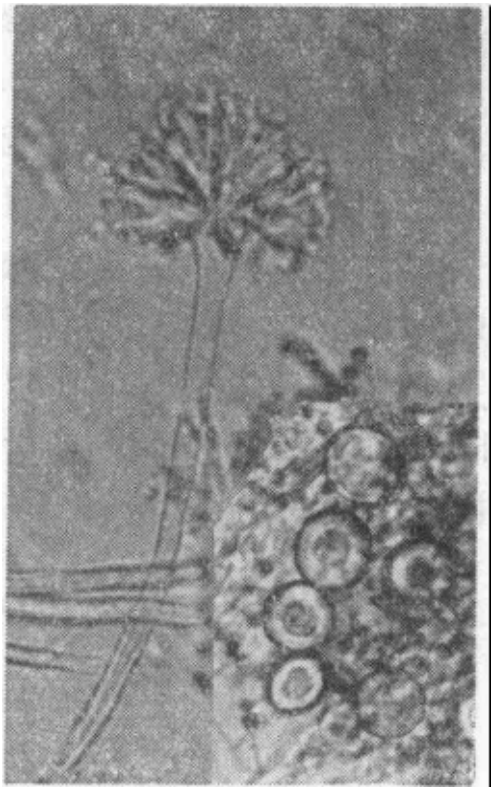


图127 杂色曲霉的顶囊和小梗，右下为壳细胞

该菌分布极广，空气、土壤、腐败的植物体和贮存的粮食上都经常出现，也是引起工业器材霉腐的主要菌类。可作霉腐试验菌。某些菌系能产生柄曲霉素(Sterigmatocystin)。与此菌形态十分相近并同样普遍存在者尚有萨氏曲霉〔*Aspergillus sydowi* (Bainier et Sartory) Thom et Church〕，菌落为深蓝色或绿蓝色，反面红褐色，很容易误认为青霉，但在显微镜下不难辨认。

构巢曲霉〔*Aspergillus nidulans*(Eidam)Winter〕
〔有性阶段：*Emericella nidulans* (Eidam)Vuillemin〕

属于构巢曲霉群。菌落生长较快，14天直径5—6厘米，绒状，绿色，有的菌系由于产生较多的闭囊壳而显现黄褐色，反面紫

图 128　构巢曲霉的顶囊，小梗和壳细胞

红色。分生孢子头短柱形，40—80×25—40 微米。分生孢子柄极短，常弯曲，一般 75—100 微米，近顶囊处直径 3.5—5 微米，褐色，壁光滑。顶囊半球形，直径 8—10 微米。小梗双层，梗基 5—6×2—3 微米，小梗 5—6×2—2.5 微米。分生孢子球形，粗糙，直径 3—3.5 微米。闭囊壳球形，暗紫红色，直径 135—150 微米。子囊孢子双凸镜形，紫红色，约 5 × 4 微米，有两个鸡冠状突起。闭囊壳外面包围着一层壳细胞，淡黄色，球形，壁厚，直径约 25 微米(图128)。

该菌在自然界分布普遍，有些菌系有较强的脂肪合成能力。到目前为止，在真菌遗传学的研究中，构巢曲霉是仅次于脉孢菌的材料。

焦曲霉〔*Aspergillus ustus*(Bainier)Thom et Church〕

属于焦曲霉群。菌落生长较快，10—14 天直径 4.5—6 厘米，

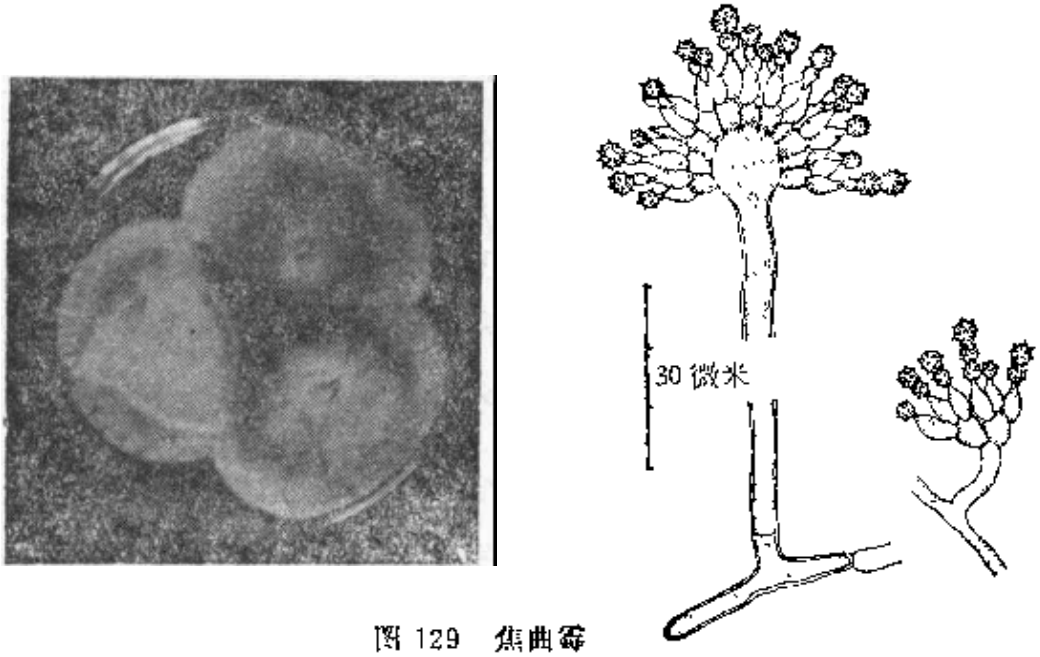


图 129　焦曲霉

左：在察氏培养基上的菌落　右：顶囊，小梗及分生孢子

絮状，最初褐黄色，继变为褐色或紫灰色，反面黄色或橙色，老后可成褐色。分生孢子头放射状或不规则的半球状，大小不一。分生孢子梗直接自基质生出者可达 400 微米，直径 3—6 微米，自气菌丝分枝而生出者则甚短，常弯曲，淡褐色，光滑。顶囊半球形至近球形，直径 7—15 微米，上部三分之二部位处着生小梗。小梗双层；梗基 4—7×3—4 微米，小梗 5—7×2.5—3 微米。分生孢子球形，3.2—4.5 微米或稍大，粗糙。有些菌系产生长形而弯曲之壳细胞(图 129)。

此菌在土壤中相当普遍存在，某些菌系可以产生赖氨酸。

黄柄曲霉〔*Aspergillus flavipes*(Bainier et Sartory) Thom et Church〕

属于黄柄曲霉群。菌落生长较慢，10—14 天直径 3—5 厘米，较厚，白色或继变为淡黄色或带灰浅黄色，有时有淡黄色的液滴，有的菌系产生类似菌核的菌丝结，反面黄褐色至红褐色。分生孢子头疏松柱状或趋于放射状，白色或淡黄色。分生孢子梗一般 500—800×5.5—8 微米，壁较厚，黄色或带褐黄色，近于光滑或微呈粒状。顶囊近球形或稍长，大者 18—25 微米，小者仅在分生孢子柄顶端稍膨大成近球形。小梗双层，在小顶囊上只生于顶部，在大顶囊上则全面着生，密集，梗基 5.5—7.5×2.5—4.5微米，小梗 5—7×2—3 微米。分生孢子球形或近球形，2—3 微米，光滑(图130)。

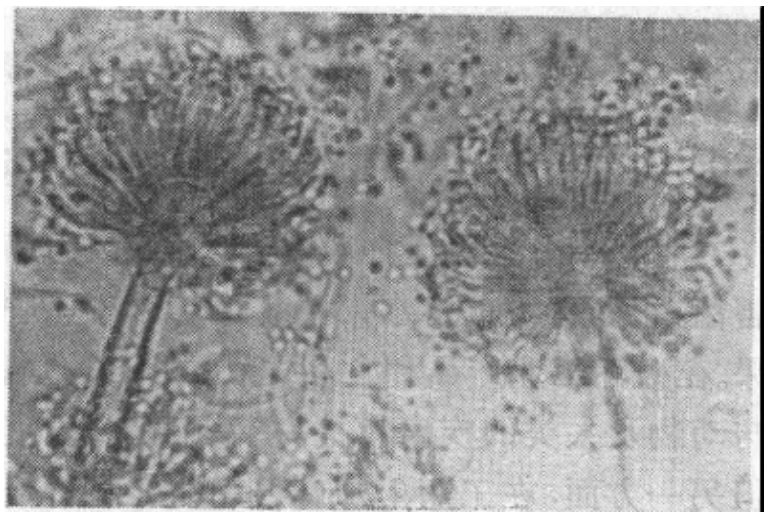


图 130　黄柄曲霉的顶囊，小梗和分生孢子

此菌分布普遍，土壤及腐败植物体和棉织物上都可出现。可转化孕甾酮成为 Testoloctone，也可以分解 DNA产生 5′-脱氧胞

苷酸、5′-脱氧腺苷酸、5′-脱氧鸟苷酸和 5′-脱氧胸啶酸。

土曲霉(*Aspergillus terreus* Thom)

属于土曲霉群。菌落生长较快，10 天直径 3.5—5 厘米，平坦或有浅放射状皱纹，绒状或偶现絮状，肉桂色至沙褐色，反面及基质钝黄色至褐色。分生孢子头为长而紧密的直柱状，老后可达 150—500×30—50 微米。分生孢子梗很短，有些弯曲，一般 100—250×4.5—6 微米，光滑无色。顶囊半球形，10—16 微米。小梗双层，梗基密集而平行地着生于顶囊的上半部，5—7×2—2.5 微米，小梗 5.5—7.5×1.5—2 微米。分生孢子球形或近球形，直径约 2 微米，光滑（图 131）。

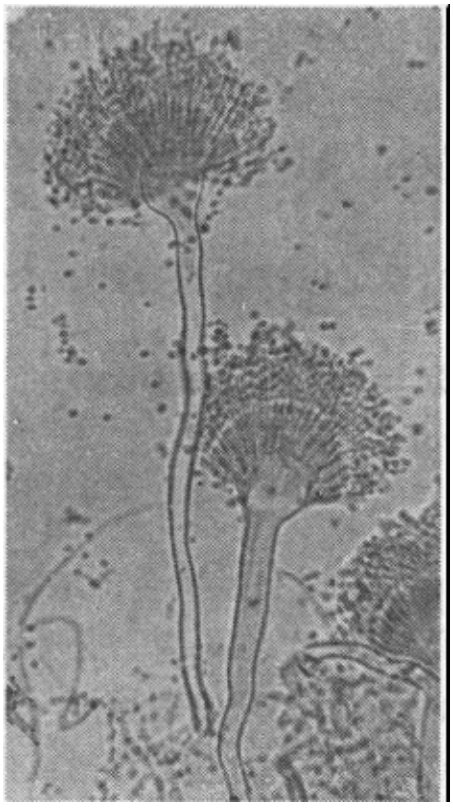


图 131　土曲霉的顶囊，小梗和分生孢子

此菌为常见的土壤真菌，在生霉材料上也易于出现。可用之生产分解乌头酸或作霉腐试验菌。

青霉属（*Penicillium* Link）

青霉十分接近于曲霉，同样分布极为广泛，其中许多是常见的害菌，很多青霉危害水果，如白边青霉危害柑桔，扩展青霉危害苹果。在破坏工业产品和食品饲料方面，其危害亦不亚于曲霉。有些则与动物及人类的疾病有关，在微生物试验室中也是常见的污染菌。但另一方面，在工业上却有很高的经济价值，例如有些青霉能产生有机酸如柠檬酸、延胡索酸、草酸、葡萄糖酸等。也可用于食品加工如制造干酪。它们产生的酶类也可供利用。更著名的是产生抗生素，如利用产黄青霉系选育出来的某些菌系制造青霉素等。青霉有极不相同的代谢活动，不同的种能由葡萄糖合成极为不同的

物质，在生产和利用方面有不可忽视的重要性。瑞波及汤姆《青霉手册》(Manual of The Penicillia, 1949) 一书把青霉分为 4 大组，41 系，承认了 137 个种和 4 个变种。到目前为止加上陆续发现并可确定的新种已远不止此数。

此属的营养菌丝体无色、淡色或鲜明的颜色，具横隔，或为埋伏型或部分埋伏型部分气生型，气生菌丝密毡状、松絮状或部分结成菌丝索。可孕性分枝(分生孢子梗)由埋伏型或气生型菌丝生出，稍垂直于该菌丝(除个别种外，不象曲霉那样生有足细胞)，单独直立或作某种程度的集合乃至密集为一定的菌丝束，具横隔，光滑或粗糙。其先端生有扫帚状的分枝轮，称为帚状枝(图 132)。帚状枝是由单轮或两次到多次分枝系统构成，对称或不对称，最后一级分枝即产生孢子的细胞，称为小梗。着生小梗的细胞叫梗基，支持梗基的细胞称为副枝。小梗用断离法产生分生孢子，形成不分枝的链，分生孢子球形、椭圆形或短柱形，光滑或粗糙，大部分生长时呈蓝绿色，有时无色或呈别种淡色，但决不呈污黑色。少数种产生闭囊壳，或结构疏松柔软，较快地形成子囊和子囊孢子，或质地坚硬如菌核状由中央向外缓慢地成熟。还有少数菌种产生菌核。

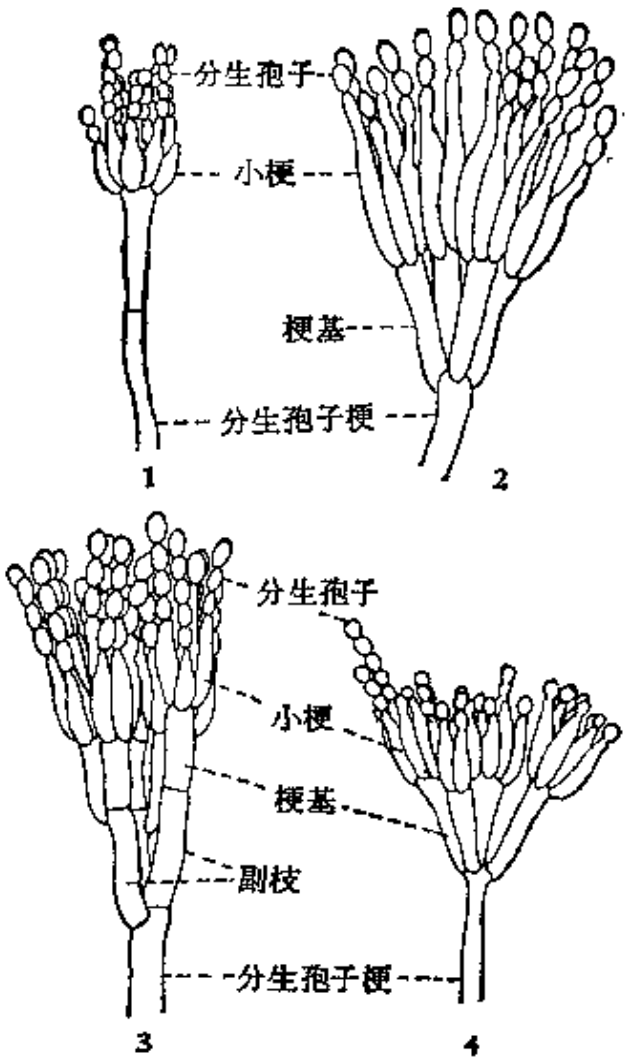


图 132　青霉的帚状枝

1. 单轮型　2. 对称二轮型　3—4　非对称型

青霉帚状枝的形状和复杂程度是分类的首要基础，依此青霉一属自然地分为四个组(Section)：

单轮青霉组　帚状枝由单轮小梗构成。

对称二轮青霉组　有紧密轮生的梗基，每个梗基着生细长尖锐的小梗，全部帚状枝对主轴(分生孢子梗)而言大体对称，紧密，象漏斗状。分生孢子多为椭圆形。

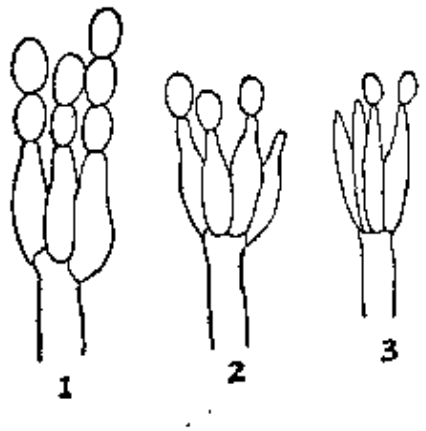


图 133　青霉的不同类型小梗
1. 大多数青霉的小梗　2. 某些散枝青霉和单轮青霉的小梗尖端呈细管状　3. 对称二轮青霉的小梗，细长渐变尖锐

不对称青霉组　包括一切帚状枝做两次或更多次分枝，对主轴而言不对称的种，或如果接近对称时，也没有二轮对称青霉那样的紧密结构及细长渐变尖锐的小梗(图133)。

多轮青霉组　帚状枝极为复杂，做多次分枝而且常是对称的，此组菌种为数极少，可能是代表青霉与其他一些近似属的过渡类型。

其次按照有无闭囊壳或菌核以及菌落质地等进行区分。菌落质地典型地可分为四种(图134)。

(1)绒状：很少有气生菌丝，分生孢子梗几乎全部由埋伏型菌丝或由紧贴于基质的一层致密的菌丝层上生出。

(2)絮状：有较多的疏松而纠缠的气生菌丝团，分生孢子梗主要由气生菌丝上分枝而出，其着生点远离基质。

(3)绳状：大部分气生菌丝集合为长曳的绳索状，在低倍显微镜下不难辨认。

(4)束状：分生孢子梗大部分由基质生出，与绒状菌落的区别在于非均匀分布而或多或少成簇，使菌落呈现为粒状或粉状外观，甚至可能大部分的分生孢子梗集合成一个个的菌丝束。

在实际观察中常会看到两种不同菌落质地之间的过渡类型。

其他的区分要点如菌落表面（主要是分生孢子）和反面的颜色，分生孢子链的形状，帚状枝散开的程度以及分生孢子梗的表面

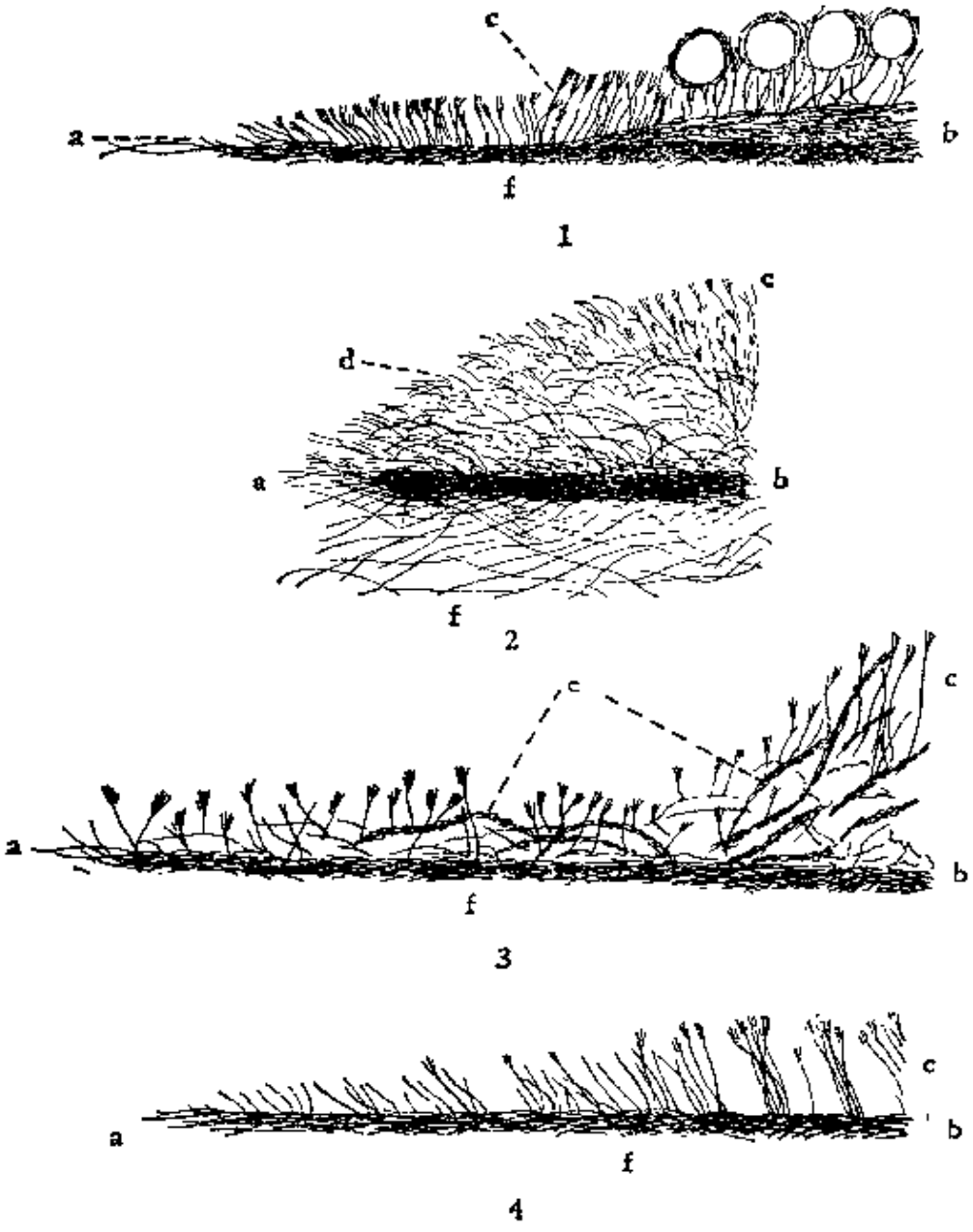


图 134　青霉菌落质地示意图(剖面)

1.绒状　2.絮状　3.绳状　4.束状　a—b.培养基表面　c.分生孢子梗　d.气生菌丝　e.气生菌丝结成绳状　f.埋伏型菌丝

特征,分生孢子的形状、大小和表面纹饰等。有些菌种能产生无色或各种颜色的渗出液,也是构成菌落醒目特征之一。

鉴定用培养基与曲霉相同,培养温度可略低一些(25—28°C)。

由于青霉更少地产生闭囊壳,正如前面曲霉属所提到的一样,有人认为不论是有完全阶段或是只有分生孢子阶段的一切种,都

用青霉（*Penicillium*）做为正规属名对分类和实用的需要更合适。鉴定青霉的困难之处是颜色较为单一（大多为灰绿色）且菌落变老时会改变，此外随着培养条件的不同而变化。在试验室中即使在一般相同的条件下某些菌株在相继的培养中也会稍有变异，鉴定时常常不可能完全合乎所有发表过菌种的描述，而很容易把它放到两三个已描述过的种的近旁，为此强调“种群”概念仍然是必要的，这在前面曲霉属中已经谈到，此处不再赘述。

青霉属“系”的检索表

1. 帚状枝只由小梗组成，分生孢子梗不分枝或不规则分枝，每个分枝只着生有一轮小梗……
……单轮青霉组（Monoverticillata）……2
帚状枝具小梗及梗基或有分枝，通常不对称，若为对称时则具骤然变锐的小梗……不对称青霉组（Asymmetrica）……10
帚状枝正常双轮，漏斗形，具细长梗基及细而渐变尖锐的小梗（在某些种常有不完整的帚状枝，但小梗常为典型的）……
……对称二轮青霉组（Biverticillata-Symmetrica）……27
2. 形成闭囊壳或菌核……3
无闭囊壳或菌核……4
3. 闭囊壳成熟缓慢……爪哇青霉（*Penicillium javanicum*）系
形成粉红色的菌核……汤姆氏青霉（*Penicillium thomii*）系
4. 分生孢子梗不分枝（某些种偶尔分枝）……5
分生孢子梗不规则分枝，每个分枝着生有一个典型的单轮帚状枝…
……分枝单轮青霉（Ramigena）系
5. 菌落绒状或近于绒状……6
菌落絮状或绳状……9
6. 分生孢子梗大部生自基质……7
分生孢子梗作为一个短分枝生自气生菌丝……
……斜卧青霉（*Penicillium decumbens*）系
7. 菌落为蔓延型……8
菌落为局限型……
……牵连青霉（*Penicillium implicatum*）系
8. 分生孢子球形或近于球形……
……常现青霉（*Penicillium frequentans*）系
分生孢子椭圆形……

……暗蓝青霉 (*Penicillium lividum*) 系

9. 菌落絮状…… 局限青霉(*Penicillium restrictum*) 系

菌落绳状……阿氏青霉(*Penicillium adametzi*) 系

10. 帚状枝的分枝不规则，副枝及梗基散开……

……散枝青霉 (Divaricata) 亚组……11

分枝较紧密……15

11. 形成闭囊壳(缓慢成熟)……

……内果青霉 (Carpenteles) 系

产生菌核或厚壁细胞团块……

…… 瑞氏青霉 (*Penicillium raistrickii*) 系

既无闭囊壳亦无菌核……12

12. 菌落不呈绿色；呈紫丁香色或淡褐色……

……淡紫青霉(*Penicillium lilacinum*) 系

菌落作某种程度绿色……13

13. 菌落蓝绿色至灰绿色……14

菌落灰色至橄榄灰色，反面纯黄色至褐色……

……黑青霉(*Penicillium nigricans*) 系

14. 分生孢子链散开；小梗先端骤然变狭……

…… 微紫青霉 (*Penicillium janthinellum*) 系

分生孢子链趋于形成直柱状，小梗不骤然变狭……

……变灰青霉 (*Penicillium canescens*) 系

15. 菌落绒状……绒状青霉 (Velutina) 亚组……16

菌落絮状……羊毛状青霉(Lanata) 亚组……21

菌落绳状……绳状青霉(Funiculosa) 亚组……22

菌落粉状、粒状或孢梗束型……

……束状青霉(Fasciculata) 亚组……23

16. 帚状枝不常在梗基下分枝，因此是二轮，但其外观似一把单轮穗…

……桔青霉 (*Penicillium citrinum*) 系

帚状枝常较复杂……17

17. 帚状枝构造稍疏松…… ……18

帚状枝短而紧密，分生孢子链成纠缠状……

……短密青霉(*Penicillium brevi-compactum*) 系

18. 菌落轮廓规则，分生孢子梗通常光滑…… ……19

菌落轮廓蛛网状，分生孢子梗粗糙……

……娄地青霉 (*Penicillium roqueforti*) 系

19. 菌落反面黄色，色素常扩散……

……产黄青霉（*Penicillium chrysogenum*）系

无黄色素……20

20. 菌落带蓝绿色，常在土壤中发现……

……草酸青霉（*Penicillium oxalicum*）系

菌落淡橄榄绿色，常在柑桔果实上存在……

……指状青霉（*Penicillium digitatum*）系

21. 菌落始终白色或缓慢成淡灰绿色……

……沙门柏干酪青霉（*Penicillium camemberti*）系

菌落迅速地呈现绿色色调……

……团青霉（*Penicillium commune*）系

22. 菌落带绿色，帚状枝大，分生孢子不显著的椭圆形……

……土壤青霉（*Penicillium terrestre*）系

菌落有各种颜色，但非绿色，分生孢子椭圆形至圆柱形……

……淡灰青霉（*Penicillium pallidium*）系

23. 产生菌核……

……唐菖蒲青霉（*Penicillium gladioli*）系

不产生菌核……24

24. 菌落具某些束状，但占优势的仍是单生的分生孢子梗……25

菌落中大部分的分生孢子梗成束或成小型菌丝束……

……粒状青霉（*Penicillium granulatum*）系

菌丝束占优势……

……棒形青霉（*Penicillium claviforme*）系

25. 菌落不呈现真正绿色……

……赭色青霉（*Penicillium ochraceum*）系

菌落呈鲜明黄绿色，分生孢子梗粗糙……

……纯绿青霉（*Penicillium viridicatum*）系

菌落蓝绿色，分生孢子梗通常粗糙……

……圆弧青霉（*Penicillium cyclopium*）系

菌落灰绿色，分生孢子梗粗糙或光滑……

……扩张青霉（*Penicillium expansum*）系

菌落淡灰绿至带灰绿色，分生孢子梗光滑……26

26. 小梗 8 微米或更长，幼分生子几乎为圆柱状……

……白边青霉（*Penicillium italicum*）系

小梗 6 微米或更短……展开青霉（*Penicillium patulum*）系

27. 产生闭囊壳，柔软，白或黄色……

……淡黄青霉（*Penicillium luteum*）系

产生菌核……
……新西兰青霉(*Penicillium novae-zeelandiae*)系
既无闭囊壳又无菌核……28
28. 菌落菌丝束占优势……
……杜氏青霉 (*Penicillium duclauxi*)系
菌落或多或少作绳状……
……绳状青霉(*Penicillium funiculosum*)系
菌落既非束状，亦非绳状……29
29. 菌落反面及基质红色或带紫色，菌落绒状……
…… 产紫青霉 (*Penicillium purpurogenum*)系
菌落反面慢慢呈橙色，菌落局限型，绒状或多少作絮状……
……皱褶青霉(*Penicillium rugulosum*)系

黄绿青霉 (*Penicillium citreo-viride* Biourge)

异名：毒青霉 (*Penicillium toxicarum* Miyake)

属单轮青霉组，斜卧青霉系。菌落生长局限，10—12 天直径 2 — 3 厘米，表面皱褶，有的中央凸起或凹陷，淡黄灰色，仅微具绿色，表面绒状或稍现絮状，营养菌丝细，带黄色，渗出液很少或没有，有时现柠檬黄色，略带霉味，反面及培养基现亮黄色。分生孢子梗自紧贴于基质表面的菌丝生出，一般 50—100×1.6—2.2 微米，壁光滑。帚状枝大部为单轮，偶尔有作一、二次分枝者。分生孢子链约略平行或稍散开。小梗为紧密的一簇，8 —12 个，大多 9 —12×2.2—2.8微米。分生孢子球形，2.2—2.8 微米，壁薄，光滑或近于光滑，成链时具明显的孢隔。

该菌分布广泛，常可从土壤、病变米和其他物质分离出来。有些菌系能产生毒素，由该菌所致的病变米称为“黄变米”。某些菌系还能自葡萄糖产生二吡啶羧酸。

牵连青霉(*Penicillium implicatum* Biourge)

属于单轮青霉组，牵连青霉系。菌落生长局限，12—14天直径 1.5— 2 厘米，质地致密，绒状或近于绒状浓蓝绿色，无气味，渗出液无或极少，无色或红褐色，反面及培养基呈黄褐色至深红褐色。

分生孢子梗主要由基质生出，偶尔有自气生菌丝分枝者，短，大多在100微米以下，直径2—2.5微米。帚状枝纯单轮，但也偶尔有分枝，分生孢子链疏松柱状，可长达200微米。小梗8—12个密集，9—12×2—2.5微米。分生孢子近球形，2.5—3微米或椭圆形，2.5—3×2—2.5微米，光滑或略粗糙（图135）。

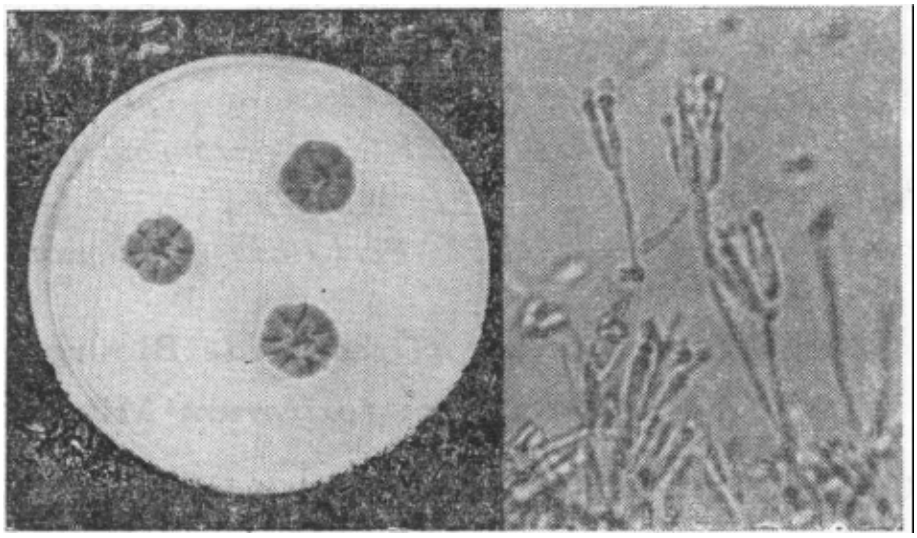


图135　牵连青霉

左：在察氏培养基上的菌落　右：帚状枝和分生孢子

此菌在土壤中较普遍存在，生霉的织物和其他材料也有发现。

常现青霉（*Penicillium freguentans* Westling）

属于单轮青霉组，常见青霉系。菌落生长迅速，12—14天直径5—6厘米，绒状，艾绿色，老后变暗，带褐色；渗出液极少，淡琥珀色；略有霉味；反面大多带橙黄色，也有呈淡紫褐色者。分生孢子梗短，100—200×3—3.5微米，壁光滑或细密粗糙，顶端稍膨大达5微米或更大。分生孢子结构在整个菌落上形成致密的一层。帚状枝几乎全为单轮。小梗密集，10—12个一簇，一般8—12×3—3.5微米。通常分生孢子链为明显的柱状，长达150微米，有时老后散开。分生孢子球形至近球形，壁薄，光滑或微现粗糙，大多3—3.5微米（图136）。

此菌分布既多且广，是土壤中的常见菌，某些菌系能破坏单宁。

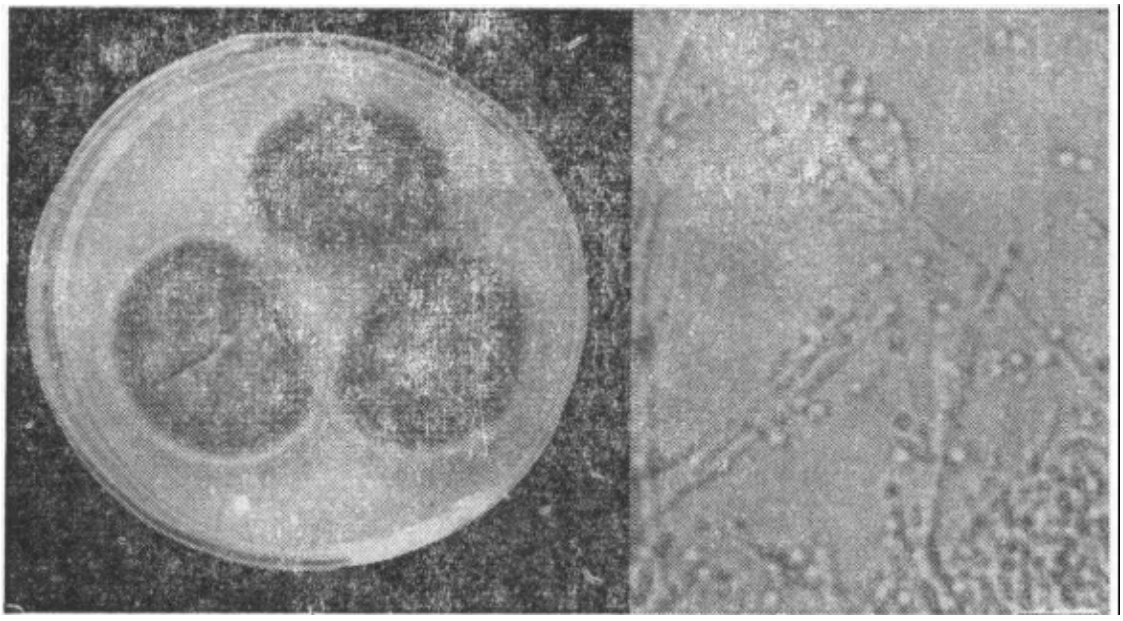


图 136　常现青霉

左：在察氏培养基上的菌落　　右：帚状枝和分生孢子

淡紫青霉(*Penicillium lilacinum* Thom)

属于不对称青霉组，散枝青霉亚组，淡紫青霉系。菌落生长稍局限，10 天直径可达 3 厘米，絮状，最初白色，然后渐带紫色或淡灰紫色；渗出液少，无色或淡紫色；反面初期无色，后变淡紫色。分生孢子梗长度差别很大，在菌落边缘者多自基质生出，500—600×3—4 微米；在菌落中部者多生自气生菌丝，极短，100—200×3 微米，光滑或微现粗糙。帚状枝形状不一，有的由简单的小梗簇生于长曳的菌丝的短分枝上，有的则具相当复杂的结构(图137)。梗基短，一般 5—6×2.5—3 微米。小梗长 5—6 微米，先端骤然变细，形成长约 2 微米宽约 1 微米的管状物，其上产生分生孢子。分生孢子椭圆形，2.5—3×2 微米，光滑。

该菌是一种普通的土壤真菌，也常在多种有机质上出现，在试验室连续继代培养后，分生孢子渐少。有较强的脂肪合成能力，可用于通气深层培养产生脂肪。

桔青霉(*Penicillium citrinum* Thom)

属于不对称青霉组，绒状青霉亚组，桔青霉系。菌落生长局限，

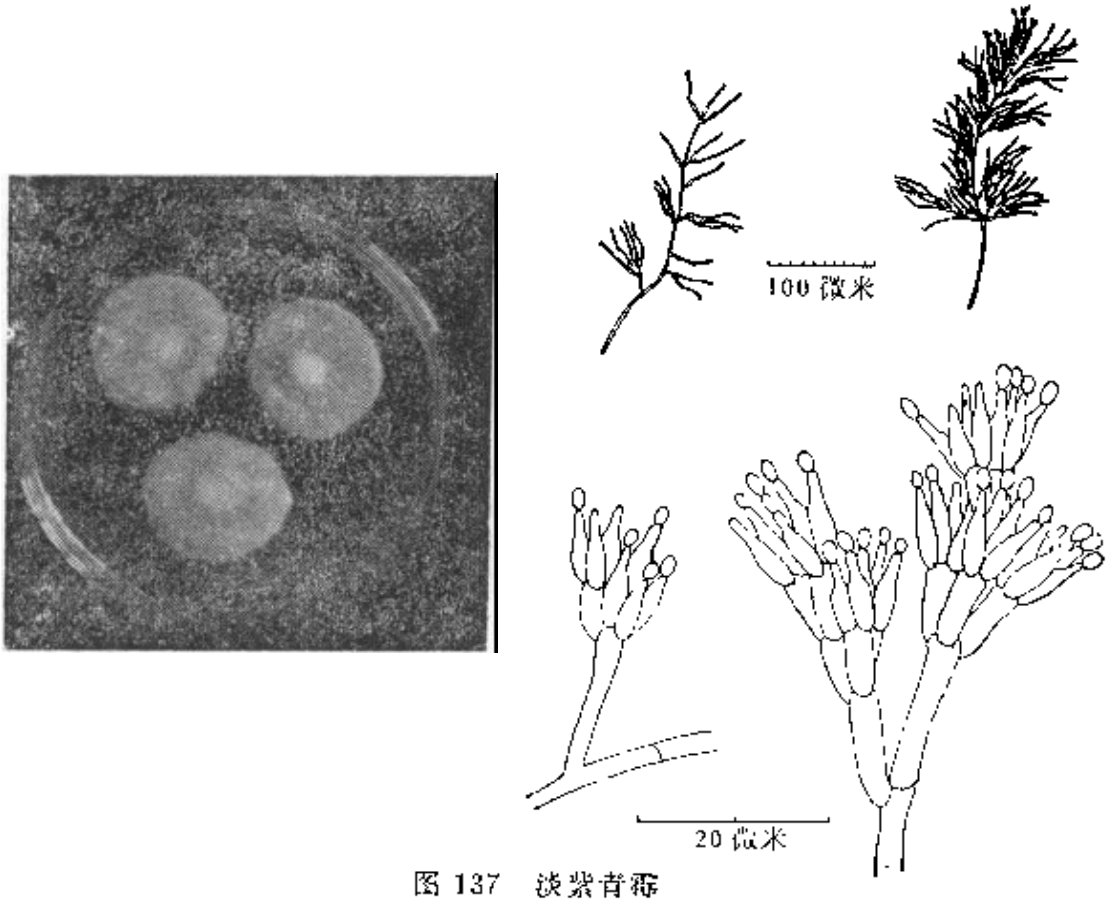


图 137　淡紫青霉

左：在察氏培养基上生长的菌落
右上：分生孢子梗、帚状枝及分生孢子链　右下：帚状枝

10—14 天直径 2—2.5 厘米，有放射状沟纹，大多数菌系为绒状，另一些则现絮状，艾绿色；反面黄色至橙色，培养基颜色相仿或带粉红色；渗出液淡黄色。分生孢子梗大多自基质生出，也有自菌落中央气生菌丝生出者，一般 50—200×2.2—3 微米，壁光滑，一般不分枝。帚状枝由 3—4 个轮生而略散开的梗基构成，12—20×2.2—3 微米，每个梗基上簇生 6—10 个略密集而平行的小梗，8—11×2—2.8 微米。分生孢子球形或近球形 2.2—3.2 微米，光滑或近于光滑，分生孢子链为明确的分散柱状(图 138)。

此菌分布普遍，除土壤外一般的霉腐材料和贮存的粮食上经常发现，在大米上生育引起黄色病变并具毒性。许多菌系可产生桔霉素，也能产生脂肪酶、葡萄糖氧化酶和凝乳酶。还有的菌系产生 5′-磷酸二酯酶，可用之生产 5′-核苷酸，如从酵母 RNA生产 5′-腺苷酸、5′-鸟苷酸、5′-胞苷酸和 5′-尿苷酸及 5′-肌苷酸。肌苷

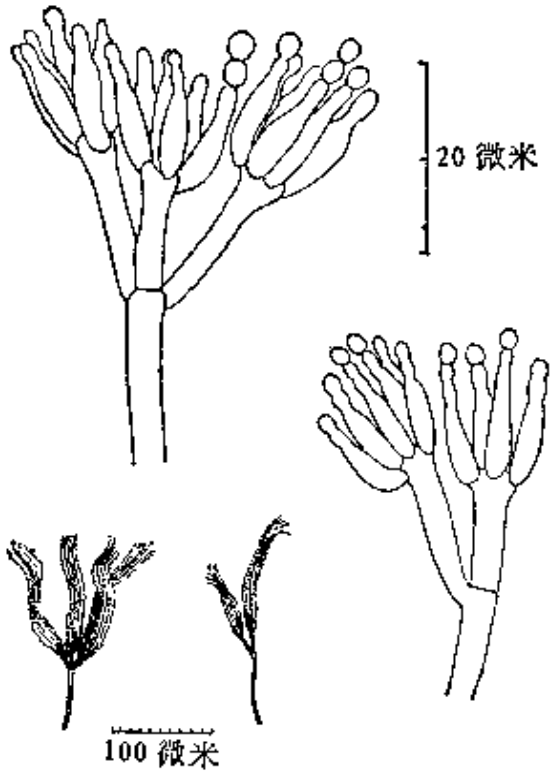


图 138　桔青霉的帚状枝及分生孢子链

酸和鸟苷酸用于调味有很强的助鲜作用。

产黄青霉(*Penicillium chrysogenum* Thom)

属于不对称青霉组，绒状青霉亚组，产黄青霉系。菌落生长快，10—12 天直径 3—5 厘米，致密绒状，有些则略现絮状，有明显的放射状沟纹，边缘白色，孢子很多，蓝绿色，老后有的呈现灰色或淡紫褐色。大多数菌系渗出液很多，聚成醒目的淡黄色至柠檬黄色的大滴，很具特色；无特殊气味；反面亮黄至暗黄色，色素扩散于培养基中。分生孢子梗 150—350×3—3.5 微米，光滑。帚状枝非对称，有的很复杂，自主轴(分生孢子梗)作 2—3 次分枝。副枝长短不等，一般 15—25×3—3.5 微米。梗基 10—12×2—3 微米，小梗 4—6 个轮生，8—10×2—2.5 微米。分生孢子链呈相当明确的分散的柱状，长度可达 200 微米。分生孢子椭圆形，2—4×2.8—3.5 微米，少有近球形者，壁光滑 (图 139)。与此种相近者为点青霉(*Penicillium notatum* Westling)，区别在于产生较简单的帚状枝，很少生副枝，分生孢子主要为球形或近球形，3—3.5 微米。

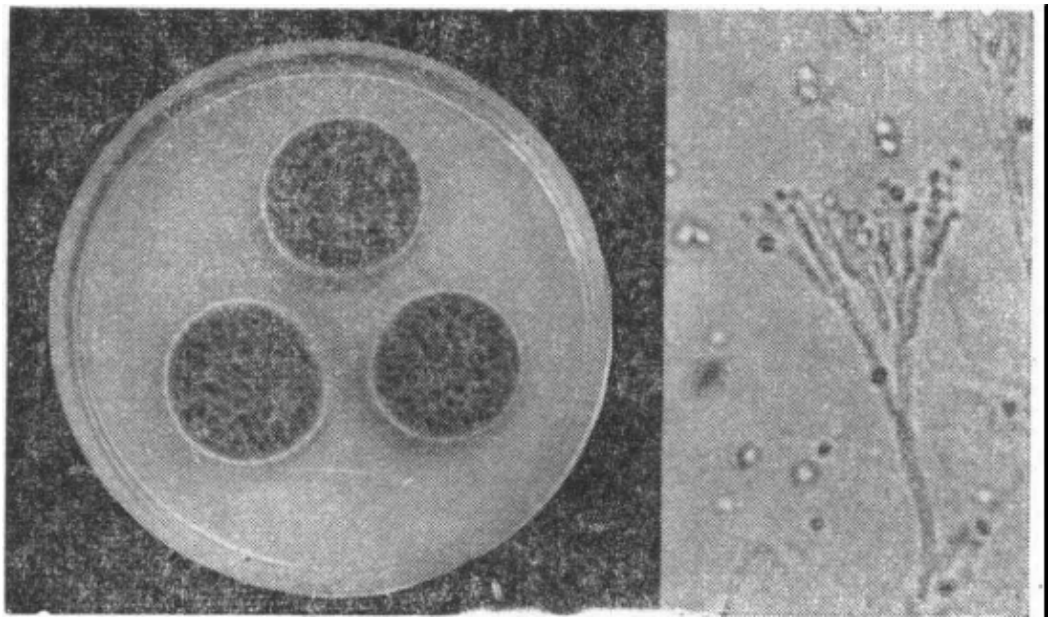


图 139　产黄青霉

左：在察氏培养基上的菌落　　右：帚状枝

此菌普遍存在于空气、土壤及腐败的有机材料上，能产生多种酶类及有机酸。在工业生产上用以生产葡萄糖氧化酶或生产葡萄糖酸。它还能产生柠檬酸和抗坏血酸。特别值得提出的是应用非常广泛的青霉素生产菌就得自此菌系。从青霉素发酵下来的菌丝废料含有丰富的蛋白质、矿物质和B类维生素，可做家畜家禽的代饲料。该菌还可做霉腐试验菌。

娄地青霉(*Penicillium roqueforti* Thom)

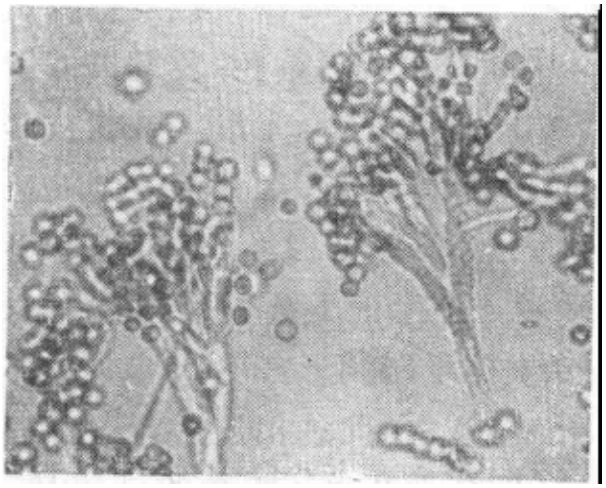


图 140　娄地青霉的较复杂的帚状枝及极为粗糙的分生孢子梗

属于不对称青霉组，绒状青霉亚组，娄地青霉系。菌落生长扩延，10—12 天直径达 5—6 厘米；蓝绿色转为暗绿色，具有“蛛网状”的不规则的边缘；略带酸味和霉味；反面无色或呈暗绿色。帚状枝不对称，常较复杂，作三次分枝，但也有单轮存在。分生孢子链为疏松的柱状或纠缠的链状。分生孢

子梗通常极为粗糙，偶现光滑，100—200×4—6 微米。梗基 12—15×3—4.5 微米，多现粗糙，小梗 8—12×3—3.5 微米。分生孢子球形、近球形，一般 3.5—5 微米，大者可达 7—8 微米，光滑(图140)。

此菌多存在于酸性和少氧的条件下。具有分解油脂和蛋白质的能力，可用于制造干酪。娄地青霉菌丝含有多种氨基酸，主要是天门冬氨酸、谷氨酸、丝氨酸等。该菌孢子能将甘油三酸酯氧化为甲基酮。

圆弧青霉(*Penicillium cyclopium* Westling)

属于不对称青霉组，束状青霉亚组，圆弧青霉系。菌落生长较快，12—14 天直径 4.5—5 厘米，略带放射状皱纹，老后或显现环纹，暗蓝绿色，在生长期有宽 1—2 毫米之白色边缘，质地绒状或粉粒状，但在较幼区域作显著束状；渗出液无或较多，色淡；反面无色或初期带黄色继变为橙褐色。帚状枝不对称，紧密，常具三层分枝，约 50—60 微米，上生纠缠的分生孢子链。分生孢子梗大多 200—400×3—3.5 微米，典型地粗糙，但也有一些菌系近于光滑。副枝 15—30×2.5—3.5 微米。梗基 10—15×2.5—3.3 微米。小梗 4—8 个轮生，7—10×2.2—2.8 微米。分生孢子大多近球形，3—4 微米，光滑或略现粗糙(图 141)。

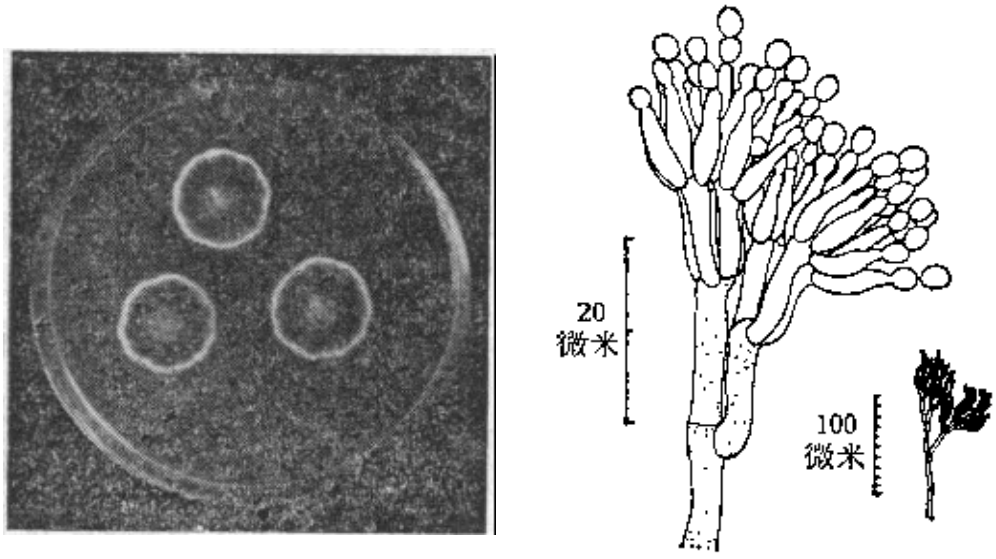


图 141　圆弧青霉

左：在察氏培养基上生长的菌落　右：帚状枝及分生孢子链

该菌在自然界分布普遍，是鳞茎植物的寄生菌，霉腐材料上亦多发现，可用作霉腐试验菌。

白边青霉(*Penicillium italicum* Wehmer)

属于不对称青霉组，束状青霉亚组，白边青霉系。菌落生长局限，10—12 天直径达 2—2.5 厘米，淡灰绿色，通常在边缘处有明显的束状化；有香味；反面淡茶褐色至黄褐色。帚状枝不对称，一般 50—70 微米，其上着生纠缠的分生孢子链。分生孢子梗一般长达 250 微米，直径 3.8—5 微米，壁光滑；菌丝束有时可长达 1 毫米以上。副枝 15—25×2.8—4.4 微米，有时下面还有分枝。梗基 15—20×3.5—4 微米，在不同的高度着生。小梗数量少，一般 8—12×3 微米。分生孢子最初为圆柱形，继变为椭圆形，光滑，大小很不一致，一般为 4—5 2.5—3.5 微米，大者可达 9×5—6.6 微米(图142)。

图 142　白边青霉的帚状枝和分生孢子

此菌在连续继代培养时趋于退化，常变为絮状。它经常危害柑橘果实，引起软腐。

展开青霉(*Penicillium patulum* Bainier)

异名：荨麻青霉(*Penicillium urticae* Bainier)

属于不对称青霉组，束状青霉亚组。菌落生长局限，12—14天直径2—2.5 厘米，大多有放射状沟纹，边缘陡峭，中央稍凸起，表面现粒状，有些在边缘有明显的菌丝束，有的则现絮状，厚密；灰绿色至亮灰色；有的菌系产生近于无色的渗出液；气味不明显；反面暗黄色渐变为橙褐色乃至红褐色，稍扩散于培养基中。帚状枝疏松散开，可具 3—4 层分枝，其大小和复杂程度差别很大，一般 40—

50 微米，极限 20—80 微米。分生孢子链略散开，长达 50—100 微米。分生孢子梗一部分单生，一部分集结成束，多弯曲，壁光滑，一般 400—520×3—4 微米。副枝散开，大多 15—20×3—3.5 微米。梗基较短，大多 7—9×3—3.5 微米。小梗短，4.5—6.5×2—2.5 微米，8—10个密集一簇。分生孢子椭圆形，后变为近球形，长轴2.5—3 微米，光滑（图 143）。

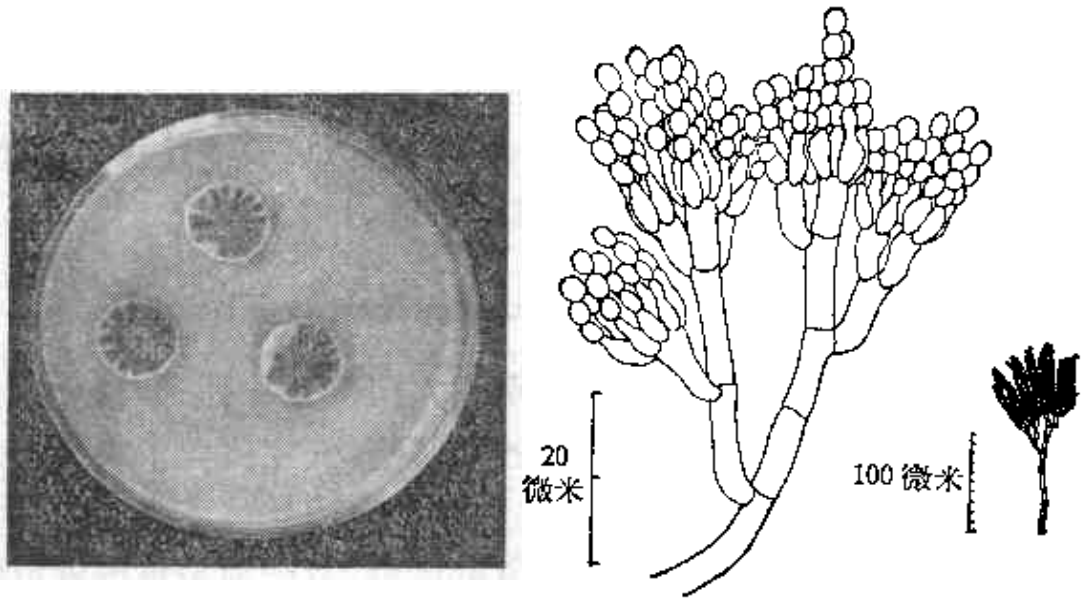


图 143　展开青霉

左：在察氏培养基上生长的菌落　　右：帚状枝及分生孢子链

此菌分布地区较广，但不是特别多的，主要在土壤中，腐烂的植物体、羊粪和其他基质也可分离到。主要用途为产生灰黄霉素，是一种有效的可口服抗生素，用以治疗真菌性的皮肤病，癣病发症及灰指甲病。

蠕形青霉（*Penicillium vermiculatum* Dangeard）

〔有性阶段：*Talaromyces vermiculatus* (Dang.) Benjamin〕

属于对称二轮青霉组，淡黄青霉系。菌落生长14天可达2.5—4 厘米，不同菌系的颜色和质地差别很大，有些产生大量的闭囊壳而显现黄色或带红色或生闭囊壳较少而有较多的分生孢子结构；有的则初期为白色继变为奶油色或肉色，外观现絮状，甚至不产生

闭囊壳；反面黄色或稍带红色。帚状枝自典型的对称二轮型至残缺不全的现象都有。分生孢子梗一般在 300 微米以下，直径 3—3.5 微米，光滑。完整的帚状枝紧密，梗基 4—6 个轮生，8—10×2.5—3 微米，小梗 6—10 个密集 7—8×2—2.5 微米；不完整的帚状枝则仅有为数不多的小梗直接生于分生孢子梗上。分生孢子椭圆形，2.5—3×2—2.5 微米，光滑。闭囊壳直径一般 200—500 微米，柔软，没有真正的壁，被柔软的菌丝网所包围。子囊孢子椭圆形，4—4.5×3—3.5 微米，有细刺。

此菌在土壤和霉腐材料上易于发现，长期继续培养趋于退化，常不能产生闭囊壳和正常的分生孢子结构。

绳状青霉(*Penicillium funiculosum* Thom)

属于对称二轮青霉组，绳状青霉系。菌落生长蔓延，12—14天直径 4.5—5.5 厘米；具有坚韧的菌丝体基垫，气生菌丝多集结成为绳状，有一些菌系则仅在菌落中央显现气生菌丝丛或很少绳状集结而主要表现为絮状，白色至粉红色或肉色，有些则是黄橙色或红色；分生孢子区分布不均匀，多在菌落中央或边缘呈灰绿色；反面粉红色至红色，有的无色或近于无色。分生孢子梗短，多自绳状集结的气生菌丝分枝而出，光滑，直径约 3 微米。帚状枝典型地对称二轮生。梗基 5—8 个轮生，10—13×2.2—2.8 微米。小梗 5—7 个轮生，紧密面平行，10—12×1.8—2.2 微米。分生孢子椭圆形至近球形，2.5—3.5×2—2.5 微米，光滑或略现粗糙(图 144)。

此菌在土壤中及腐败的植物残体上极为普遍。很多菌系在培养中退化，变成湿烂毡块状，生孢子延迟且变少。同一系内常见者还有冰岛青霉 (*Penicillium islandicum* Sopp)，菌落局限型，致密丛状，作橙色、红色及暗绿色的混合体，反面浊橙色至红色，变至浊红褐色。帚状枝典型对称二轮生，但稍短，小梗有点骤然变尖，7—9×2 微米。分生孢子椭圆形，光滑，3—3.5×2.5—3 微米。形成纠结链状。世界各产稻区的大米上多有发现，某些菌系引起病变并具毒性。

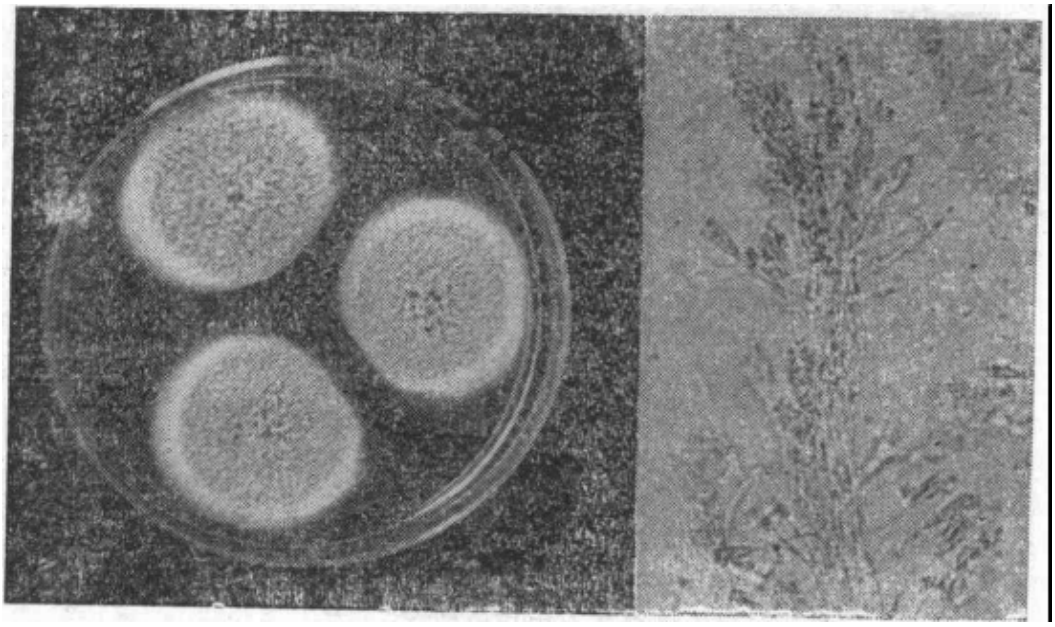


图 144　绳状青霉

左：在察氏培养基上生长的菌落　　右：自结成绳状的气生菌丝生出的帚状枝

以上二菌都能产生重要的肽类抗生素岛青霉肽，也能产生丙二酸。

产紫青霉(*Penicillium purpurogenum* Stoll)

属于对称二轮青霉组，产紫青霉系。菌落生长稍局限，12—14天直径 1.5—2.5 厘米；绒状或稍现絮状；孢子多，在黄色至橙红色菌丝体上作深绿色，继而变为深暗绿色；反面深红色至紫红色并扩散于培养基中。分生孢子梗多自基质生出 100—150×2.5—3.5 微米，自气生菌丝分枝而出者则较短，光滑。帚状枝为典型的双轮对称型，紧密。梗基 5—8 个轮生，10—14×2.5—3 微米。小梗细长，端尖，4—6 个成为紧密而平行的一簇，10—12×2—2.5 微米。分生孢子椭圆形至近球形，具厚壁，大多数菌系是粗糙的，偶尔光滑，3—3.5×2.5—3 微米(图 145)。

此菌在土壤中最为普遍，许多腐败的有机物上亦常发现，某些菌系可以产生葡萄糖酸。

拟青霉属(*Paecilomyces* Bainier)

菌落白色，淡粉红色，紫丁香色，黄褐色或脏灰褐色，偶尔带有

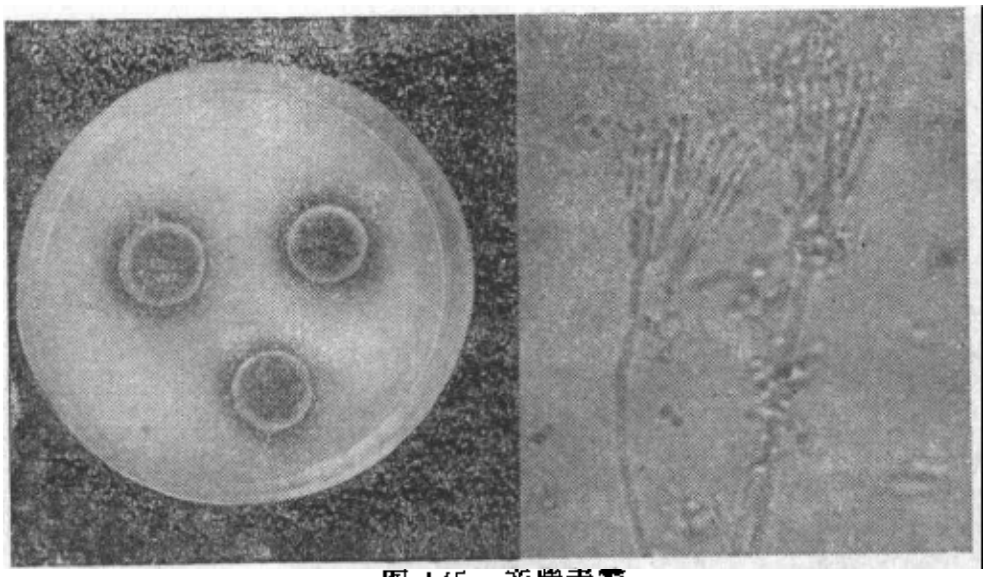


图 145　产紫青霉

左：在察氏培养基上生长的菌落；　右：帚状枝

浅绿色调，但从不是真正的绿色；质地紧密毡状、松絮状或索状，少数的菌系趋于形成湿润和粘质的菌落。子实结构复杂程度变化很大，自相当复杂的帚状分枝至只有单个的小梗或一簇小梗直接着生于菌丝上。小梗的形状极具特色，基部膨大，上部逐渐变尖成为一个细长的产生分生孢子的管状体，并常偏离主轴而略弯曲（图146）。分生孢子卵形、长椭圆形或几乎呈圆柱形，极少有近球形者，大多数光滑，有时微现粗糙。大部分的种常产生所谓巨孢子(macrospore)，它是较大型的，球形或卵形的粉块孢子，单生或作小簇状，常常在靠近基质的菌丝上，甚至生在埋伏型菌丝体中。此属与青霉属和胶霉属密切相关。已知的完全阶段是丝衣霉属(*Byssochlamys* Westling)。

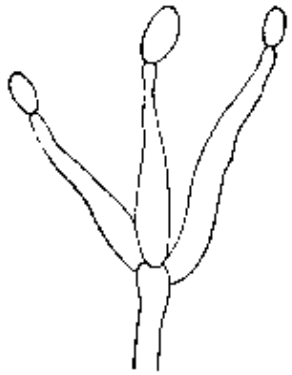


图 146　拟青霉的细长而弯曲的小梗

宛氏拟青霉(*Paecilomyces varioti* Bainier)

菌落生长扩延，藏黄褐色，常略带绿或粉红色调，生长过渡时呈现松絮状至绳状质地，反面藏黄色或淡褐色。分生孢子结构差异极大，自单个的小梗以至复杂的多次帚状分枝。分生孢子梗自

气生菌丝或绳状菌丝索生出，90－200×2.5 微米，有时没有分生孢子梗。小梗细长渐尖常弯曲，8－25×1.5－2 微米。分生孢子椭圆形或短柱形，光滑，一般 4－5×2－3 微米。有些菌系产生巨孢子，球形至卵形，8－10×4.5－8 微米（图 147）。

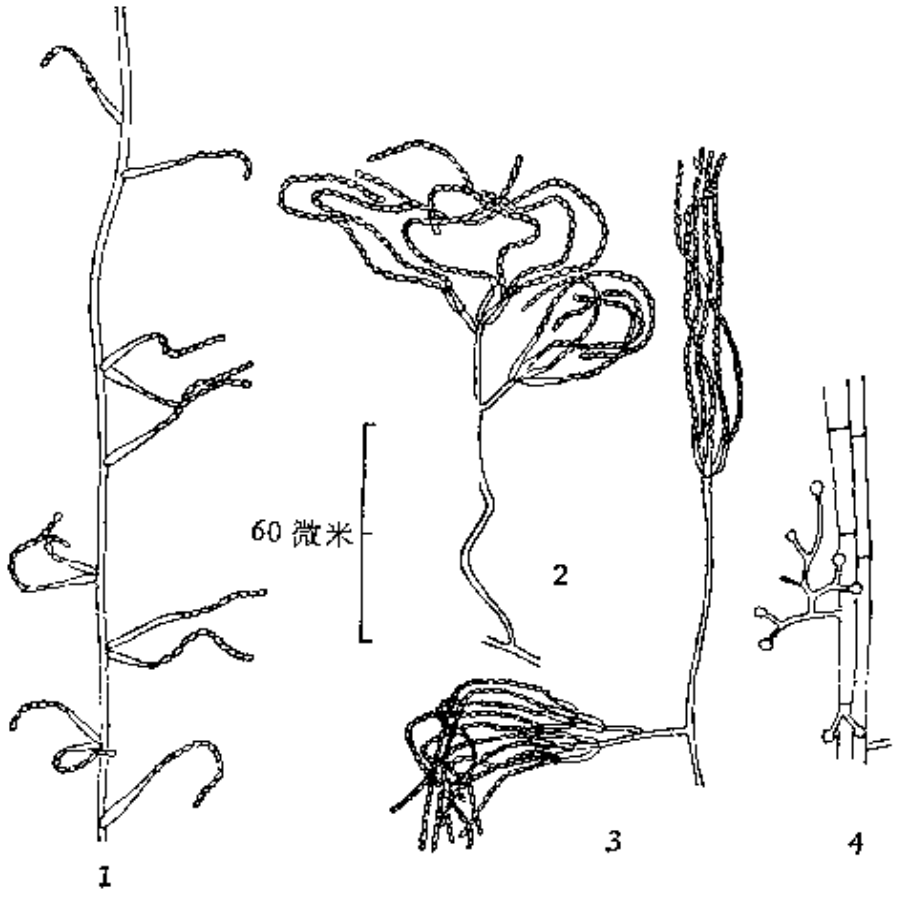


图 147　宛氏拟青霉

1—3. 分生孢子结构　4. 巨孢子

此菌分布广泛，在各种基质上都可出现，能产生宛霉素，具有较广的抗菌谱，包括许多病原菌及非病原真菌。该菌也可以用作霉腐试验菌。

桃色拟青霉（*Paecilomyces persicinus* Nicot）

菌落生长速度中等，初为白色，后现浅粉红色，絮状或绳索状，反面污粉红色至褐色并扩散于培养基中。菌丝细，有隔。小梗多单独直接生于菌丝上，与菌丝间具一横隔，少数呈双叉状生出，狭长，

17－35 微米，基部宽 2－2.5 微米，末端约 1 微米。分生孢子卵形，3.5－6×2.5－3 微米，壁厚，微现粗糙。

此菌分布于含盐的环境，常在潮水浸袭的海滨分离到。在一般察氏培养基上生长不好，可用含 3.5% 食盐的麦芽汁琼脂培养。能产生头孢霉素 C。

胶霉属（*Gliocladium* Corda）

这属菌的分生孢子梗直立，不分枝或分枝，分隔，在顶端产生类似青霉的帚状枝，即由一级，二级轮状枝、梗基和小梗构成分生孢子子实结构。有的种不形成二级轮状分枝，梗基直接由一级轮状分枝产生。胶霉与青霉的主要区别是它的分生孢子头产生胶质而将分生孢子链粘附在一起，成为团球形，所以容易与青霉相区分。

该属菌分布于各地土壤中，在生霉的纺织品和军用器材上也常见到。

粉红胶霉〔*Gliocladium roseum*（Link）Thom〕

在马铃薯琼脂上菌落疏松，棉絮状，淡粉红色至鲑肉色，反面无色。此菌有时产生不规则的粉红色的菌核，直径约 1 毫米。分生孢子梗由气生菌丝生出，长45－125 微米，其上有二至三轮 分

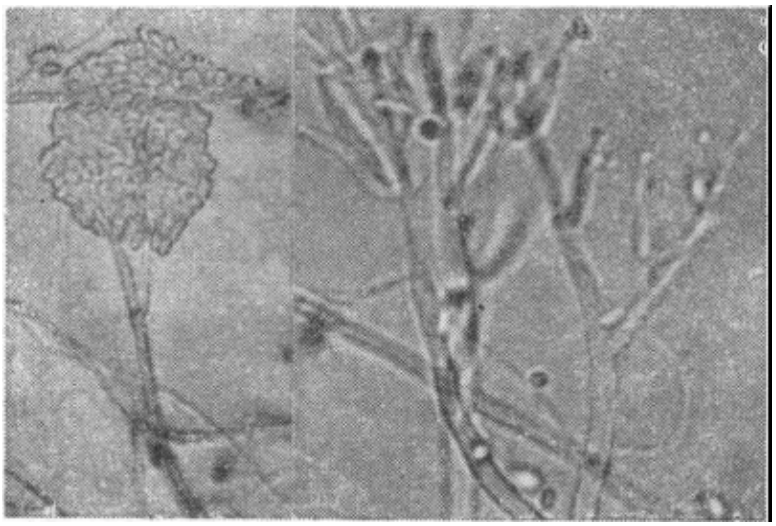


图 148　粉红胶霉

左：分生孢子团　右：帚状分枝

枝。小梗12—17×2—3微米。分生孢子无色，然而分生孢子团粉红色或玫瑰色，椭圆形，5—7×3—5 微米，光滑（图 148）。

此菌能产生胶红霉素(rubrogliocladin)，其用途尚不清楚。

帚霉属(*Scopulariopsis* Bainier)

菌落颜色由白色经不同深浅的褐黄色到深褐色、灰褐色或几乎是黑色，但决不呈绿色。气生菌丝一部分集结成绳状，分生孢子梗自其上生出，极短，有时甚至没有。子实结构极不规则，有的具一定的帚状分枝，有的仅有连在气生菌丝上的无柄的单个环孢子梗（annellophore）。分生孢子由环孢子梗产生，自球形变到柠檬形，在附着点上始终带有具中央孔的加厚环，粗糙或光滑。已知几个种的完全阶段是小子囊菌属(*Microascus* Zukal)。

短帚霉〔*Scopulariopsis brevicaulis*(Sacc.)Bainier〕

菌落在察氏培养基上生长蔓延，平薄而光滑的绒状，有时稍现褶皱，由灰白色渐变为带黄褐色，生长过渡时呈疏松的丛毛状到绳索状，分生孢子梗短，大多 10—30 微米，直接自基质生出或自气生菌丝和菌丝索分枝生出，再形成简单或复杂的帚状分枝系统，最后形成环孢子梗和分生孢子。有的分生孢子则自单独直接着生于气生菌丝的环孢子梗生出。分生孢子为洋梨形，壁厚，7.5—9×6.5—7.5 微米，粗糙（图 149）。

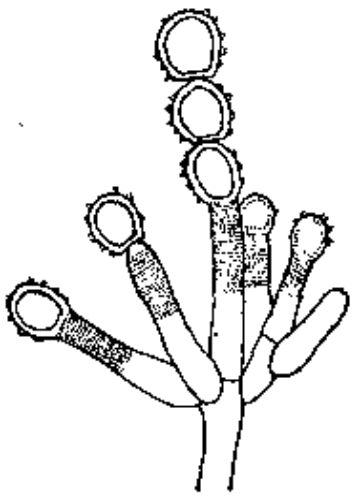


图 149　短帚霉的环孢子梗

此菌在各种分解的有机物上生长。在含极少量砷的基质中生长即能放出呈气态形式剧毒的砷化合物，可用于砷化物的测定。

白僵菌属(*Beauveria* Vuillemin)

白僵菌属是常见的昆虫寄生真菌，广泛寄生于蝗虫科、蝉科、

白蜡虫科、蚜虫科、广翅蜡蝉科、步行虫科、天牛科、金花虫科、象鼻虫科、金龟子科、天社蛾科、蚕蛾科、螟蛾科、毒蛾科、胡蜂科及螳螂科等的幼虫、蛹及成虫上，有人报道仅球孢白僵菌（*Beauveria bassiana*）就寄生在63种昆虫上。我国著名的中药僵蚕就是白僵菌寄生家蚕的结果。用白僵菌进行害虫的防治早有成功的报道，如用球孢白僵菌孢子防治玉米螟，田间防治效果达60—70%，我国有些地区用这种菌防治松毛虫也获得显著效果。由白僵菌产生的一种抗生素——卵孢霉素（Oosporin $C_{14}H_{10}O_6$）是一种抗真菌的抗生素。然而，白僵菌也有其危害的一面，那就是常常造成养蚕业的损失。

白僵菌在虫体上蔓延白色的菌丝，后期时淡黄色，有的很快形成粉层状孢子，有的继续保持絮状。在人工培养基（如马铃薯-葡萄糖琼脂）培养时视菌株而异，或者最初匍匐或棉絮状而后塌陷形成粉状层（孢子层），或者在产孢子后又重新进行菌丝生长而使培养试管充满棉絮状菌丝，有的菌株产生丛束状结构的菌丝团，菌丝有隔、分枝。菌丝体表面颜色视菌株、培养基及培养条件而不同，可以白色至不同程度的奶油色、橙黄色、红色、绿色和蓝绿色。分生孢子梗单生或分枝，长形、柱形或瓶形，侧生或顶生泡囊（versicle），由泡囊上生产孢细胞。产孢细胞通常球形，有时柱形、瓶形，直或弯。产孢细胞末端变细，抽长或"之"字形或细弱聚缴状小枝，分生孢子产生在此小枝的"之"字转弯角上的极短的小梗上。分生孢子是向基式连续生出的，即是产孢细胞末端变细部，先产生一个小梗，上面产生第一个孢子，产孢细胞末端变细部在这第一个孢子的稍后一点的位置上再向侧生出一个小梗形成第二个孢子，以此种方式反复进行形成一串"之"字形或聚缴状分枝的小枝。由于产孢细胞和泡囊增生的结果，在分生孢子梗及菌丝上常聚成球状至卵状的相当密实的孢子头。

白僵菌属经过有人详细做了比较形态学的研究认为过去用来作为分类依据的性状如菌落的生长速度、气生菌丝量、束梗状菌丝结构的形成、孢子量及菌落表面的颜色及基质（如马铃薯块或明

胶）的颜色都是不可靠的。而比较稳定的性状是孢子。经过研究确定此属只有两个种，即球孢白僵菌〔*Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.〕及卵孢白僵菌(*Beauveria tenella*)，这两个种的区别是前个种约有50%球形孢子，而后一种约有98%的卵形孢子。

球孢白僵菌〔*Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.〕

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂上簇生或棉絮状，或形成束梗状菌丝体结构，或菌丝塌陷形成粉层状（孢子层），菌丝体丝状有隔，分枝，透明，粗 3.5 微米。分生孢子梗不分枝或分枝，筒形或瓶形，2.5－5.5×1.5－2.5 微米及 15.5－25.5×1.5－3.0 微米，或者形成长度不等的菌丝型的分生孢子梗。泡囊球形，直径平均 1.5－5 微米(一般 5 微米)，偶尔长。产孢细胞通常球形，直径不一，另一些柱形（7.0－10.0×1.0－2.0 微米）弯曲或瓶状（7.5－15.0×1.0－3.0微米)或线状(7.5－28.0微米）产孢细胞末端变细抽长成"之"字形或聚缬形弯曲的小枝，分生孢子产生在小枝"之"字转弯角上的极短的小梗上，小梗直径 0.5－1.0 微米，长度不一；孢子球形或卵形(约各占50%)，球形孢子的直径 1.0－4.0 微米，卵形孢子 1.5－5.5×1.0－3.0 微米。由于产孢细胞和泡囊增生的结果在分生孢子梗及菌丝上常聚成球形至卵形相当密实的孢子头(图150)。

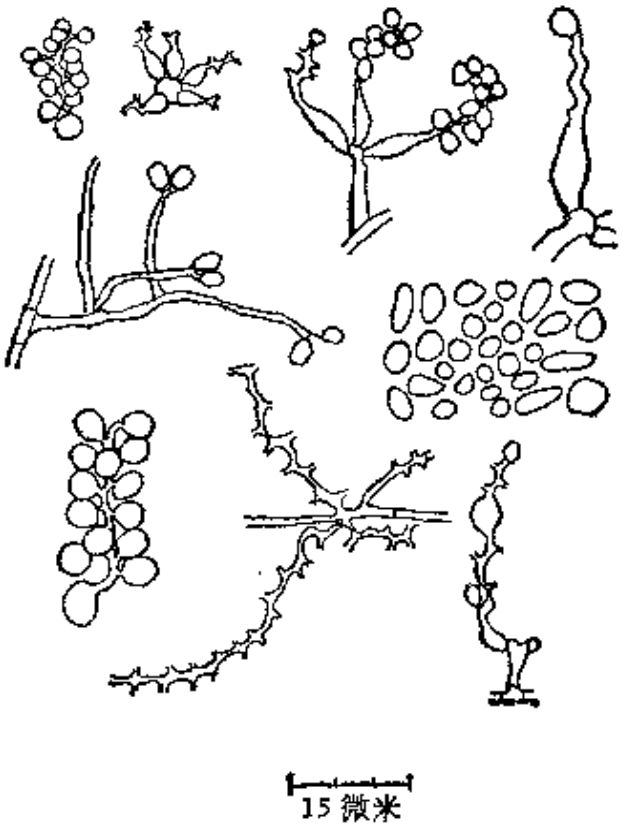


图 150　球孢白僵菌的各种形态的分生孢子梗和分生孢子

我国黑龙江、吉林、辽宁、河北、陕西、青海、四川、安徽、江苏、江

西、福建、广东等都曾发现过此菌。

球孢白僵菌可对鳞翅目及半翅目的许多种类有害昆虫进行生物防治，但不同的菌株对不同的寄主的致病力有较大的差别并应注意环境条件对发病的影响。

木霉属(*Trichoderma* Pers. ex Fr.)

木霉属广布于自然界，在腐烂的木材、种籽、植物残体、有机肥料、土壤和空气中都能分离到它。也常寄生于某些真菌上，对多种大型真菌(如多孔菌和伞菌)的子实体的寄生力很强，因此是栽培大型菌如蘑菇的劲敌。木霉的利用范围也很广，它的某些种和菌株含有很强的纤维素酶(C_1 酶和 Cx 酶)有人曾分析康氏木霉 (*Trichoderma köningi*)有纤维素酶(C_1 酶)、羧甲基纤维素酶(Cx酶)、纤维二糖酶、淀粉酶、乳糖酶等。我国许多地区已试验利用木霉菌的各种酶系。此外，据文献报道木霉能产生柠檬酸，能合成核黄素，并可用于甾体转化，将化合物 S 在11β 位上羟化，及利用木霉作为测定紫花苜蓿皂角苷的测定菌。木霉也是一类产抗生素的真菌，现已知道它最少产三种类型的抗生素即绿毛菌素(Viridin, $C_{19}H_{16}O_6$)、粘霉素 (gliotoxin, $C_{13}H_{14}N_2S_2O_4$) 及挥发性的抗生素。有些人试验了它们对某些菌的抗生作用。

由于木霉能用于分类鉴定的稳定性状是很少的，再加上这些性状又在种间互相交叉，就使得木霉种的鉴定越加困难。究竟木霉属有几个种？一直是争论的问题。有人认为它只有一个种，即绿色木霉(*Trichoderma viride* Pers.ex Fries)；有人认为有二个种即康氏木霉(*Trichoderma köningi* Oud)和绿色木霉；有人认为有四个种即白木霉(*Trichoderma album* Preuss)、黄绿木霉(*Trichodcra glaucum* Abbott)、康氏木霉和木素木霉 (*Trichodcrma lignorum* Tode ex Harz.)。在这几种观点中，虽然单种属的观点也曾盛极一时，但两个种的观点颇得到广泛的支持。最近又有人提出木霉属有九个种群的分类系统。这里从实用方便的角度出发，采用两个种的观点。分种的依据主要是分生孢子的形状及量度、孢

壁的粗糙程度。而分生孢子梗的分枝状态、瓶状体形状及量度、分生孢子的色泽、菌落的气味及生长速度为分类的辅助性状。值得一提的是在实际鉴定工作中必然会碰到许多间于这两个种之间的中间类型，在这种情况下主要性状偏于那个种就定该种的种名。

木霉的有性阶段属于核菌组（Pyrenomycetes）的肉座菌属（*Hypocrea* Fr.）。红色肉座菌（*Hypocrea rufa*(Pers.)Fr.）已知是绿色木霉（*Trichoderma viride*=*Trichoderma lignorum*）有性阶段。

木霉在培养时菌落生长迅速，棉絮状或致密丛束状，产孢丛束区常排列成同心轮纹。菌落表面颜色为不同程度的绿色，有些菌株由于产孢子不良几乎白色，菌落反面无色或有色，气味有或无，菌丝透明，有隔，分枝繁复。厚垣孢子有或无，间生于菌丝中或顶生于菌丝短侧分枝上，球形、椭圆形，无色，壁光滑。分生孢子梗为菌丝的短侧枝，其上对生或互生分枝，分枝上又可继续分枝，形成二级、三级分枝，终而形成似松柏式的分枝轮廓，分枝角度锐角或几乎直角，束生、对生、互生或单生瓶状小梗。分枝的末端即为小梗。但有的菌株主梗的末端为一鞭状而弯曲不孕菌丝，分生孢子由小梗相继生出而靠粘液把它们聚成球形或近球形的孢子头，有时几个孢子头汇成一个大的孢子头。分生孢子近球形或椭圆形、圆筒形、倒卵形等，壁光滑或粗糙，透明或亮黄绿色。

康氏木霉（*Trichoderma köningi* Oud.）

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂上广铺、棉絮状，最初为白色致密平坦的菌丝，而后通常在培养基斜面的末端或边缘出现浅绿、浅黄绿的产孢子丛束区，其余部分保持平坦密致白色基质菌丝及少量平铺的气生菌丝。本种大多数菌株菌落外观为浅绿、黄绿或绿色，不呈深绿或深蓝绿色。菌落的反面无色，菌丝透明，壁光滑，分枝繁复，有隔，直径 2—10 微米，透明。厚膜孢子间生在菌丝中或顶生于短侧枝上，圆形、椭圆形或桶形，壁光滑，直径可达 12 微米。分生

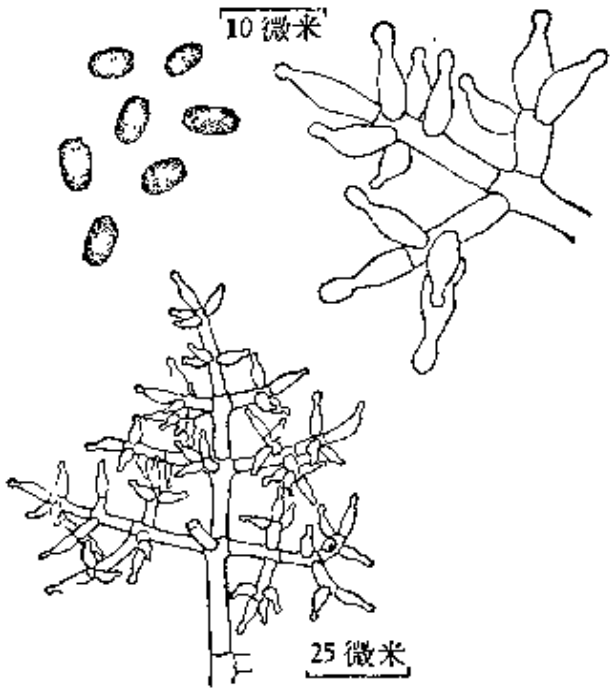


图 151 康氏木霉的分生孢子梗
小梗和分生孢子

孢子梗的分枝特征同属的特征。小梗瓶形或锥形，基部稍收缩，中央宽往上部变窄近于直或中部弯曲，(5—)8—13×2.5—3(—3.5)微米。分生孢子椭圆形、卵形或倒卵形，或长形，3—5×1.9—3.2微米，壁光滑，在显微镜下观察单个孢子近无色，成堆时绿色。在分生孢子梗的分枝上聚成的分生孢子头8—9微米(图151)。

康氏木霉遍布于全国各地，在腐木、种籽、有机残体及有机肥、土壤及空气中均能分离到。

绿色木霉(*Trichoderma viride* Pers. ex Fr.)

异名：木素木霉(*Trichoderma lignorum* Tode ex Harz.)

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上广铺，最初为白色致密的基质菌丝，而后出现多少棉絮状气生菌丝，并形成密实产孢丛束区常排成同心轮纹。深黄绿色至深蓝绿色的产孢区，菌落反面无色，老的培养散发一股椰子气味，菌丝透明，壁光滑，有隔，分枝繁复，直径1.5—8(—12)微米，透明。厚垣孢子间生于菌丝中或顶生于短侧枝上，多数为球形，极少为椭圆形，透明，壁光滑，直径可达14微米，通常在基底菌丝中产生。分生孢子梗的特征同属的特征。小梗瓶形或锥形，基部稍窄，中部较宽，从中部以上变窄成长颈，近于直或中部弯曲，8—12(—14)×2.5—3(—4.5)微米，分生孢子大多数为球形，直径2.5—4.5微米，少数孢子为短倒卵形，4—5×3.5—4微米，孢壁具明显的小疣状突起，在显微镜下单个孢子淡

绿色。在分生孢子梗分枝上聚成的孢子头 8 — 9 微米(图152)。

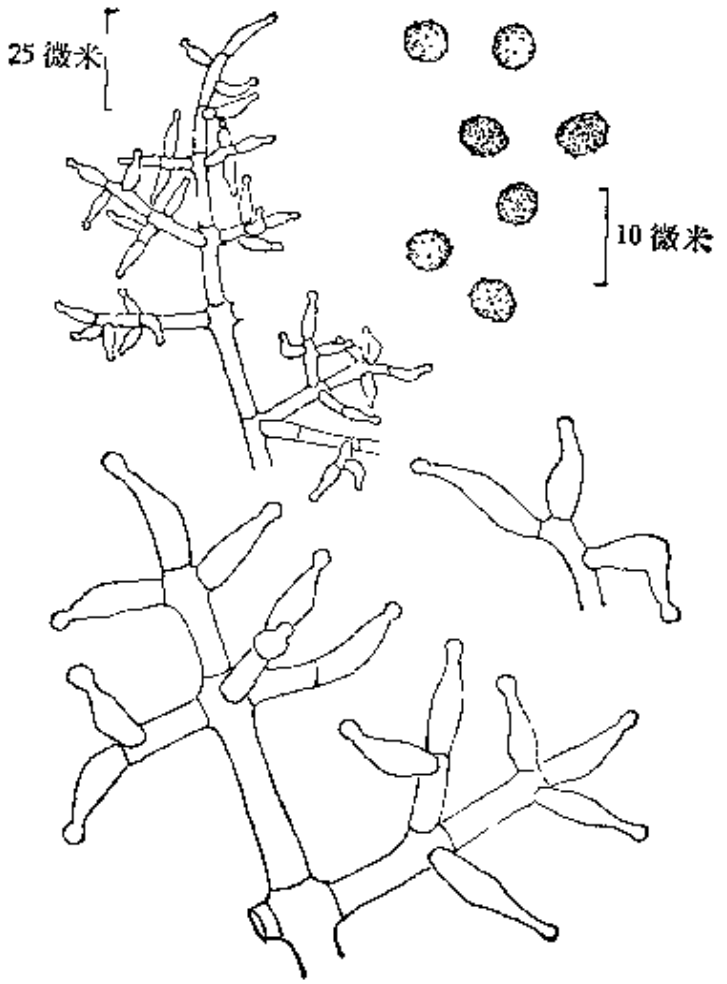


图 152　绿色木霉的分生孢子梗、小梗及孢子

子囊阶段已知为红肉座菌〔*Hypocrea rufa* (PeYs.) Fr.〕子座单个或几个连生，直径 0.7—1.7 毫米，最初白色，后来红褐色，最后暗，带白粉状，半球形、垫形或稍开张，子座的表面有许多暗褐色稍稍显著的子囊壳孔口，切片观察子座外层包含数层不规则多角形或小圆形的暗色细胞，其中有些细胞为柱状，褐色并带隔的刚毛细胞，长达 30 微米，宽 3 — 5 微米。子座内部由疏松透明分枝菌丝组成，其细胞长 30 微米，宽 6 微米，子座下部由暗色菌丝组成，菌丝细胞直径 3—4 微米，子囊壳约占每个子座 50%体积。子座外观可见稍稍隆起的暗褐色孔口。子囊壳近球形或挤扁成长方形，子囊壳高 200 微米，宽 140—160 微米（另一记载 170—230×150—200 微米），壳壁由 6 —10 层扁平透明细胞而组成，子囊壳的颈充

塞弯曲周丝，其中有些周丝穿过孔口，而具膨大棍棒形的末端。子囊数量很多，柱形，100—124×6—7 微米短柄，（另一记载为60—80×4—6 微米），未见侧丝。子囊孢子透明、单列、双细胞、上下孢室形状与大小有别，上孢室较宽圆，下孢室较窄而柱状，孢室在子囊中即分离成两个孢子，上孢室 5.5—7.2×4.5—5微米，下孢室5.5—7×3.6—4.5 微米，完整的双室孢子的量度 11—13×4.5—5 微米（图153）。

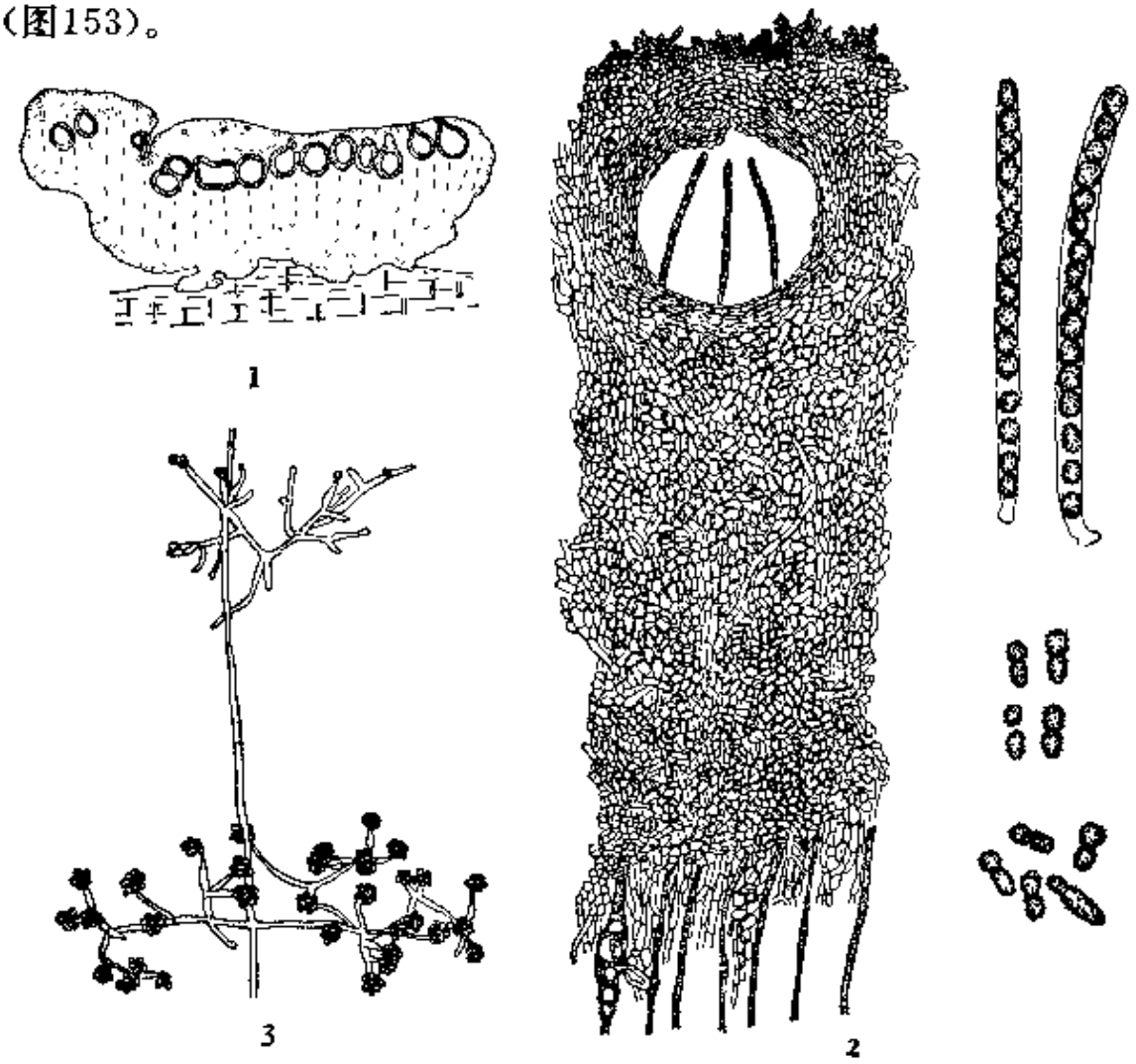


图 153　红肉座菌

1. 子座纵切面　2. 切面放大示子囊壳，子座组织，子囊及子囊孢子　3. 单个子囊孢子萌发生产生的绿色木霉

头孢霉属（*Cephalosporium* Corda）

此属包括许多经济上重要的种，如产黄头孢（*Cephalosporium*

chrysogenum)，顶孢头孢（*Cephalosporium acremonium*-Brotzu 菌株）及一些具子囊阶段的头孢霉可产生头孢菌素C，这是一类近年来研究较多的抗生素。某些种可产生另外一些抗革兰氏阳性、阴性及抗癌的抗生物质。还有些头孢霉可产生较强的脂肪酶和淀粉酶。也有些种寄生在动植体中，如蜡蚧头孢霉（*Cephalosporium lecanii*)、蚧生头孢霉(*Cephalosporium coccorum*)，蚜生头孢霉(*Cephalosporium aphidicola*)寄生于昆虫上，对防治介壳虫、蚜虫有一定意义。头孢霉的许多种可在甾体化合物 7 β、16β位起羟化作用。

文献上列记的头孢霉的种名不下于 120 个，但是其中大多数的种是不可靠的，它们往往是按寄主而定种名而没经培养和作较严格的鉴定。近年来有人把头孢霉属归纳成四个组并对种的区分提出新的看法。

分类的依据为在鉴定培养基上菌落的色泽、生长速度、外观、结构、质地湿润度及气味，孢梗束及绳状菌丝之有无，分生孢子梗着生方式，瓶状小梗和孢子的形态及大小，厚垣孢子的有无及形态，如有有性阶段（翅孢壳属 *Emericellopsis* van Beyma）进一步按子囊壳及子囊孢子特征进行鉴定，如进一步做生理性状的试验时，着重测定抗菌谱及各种酶的活性，有致病性的种可测定致病力。

头孢霉广泛分布于自然界之各种基物，如植物残体、种粒、土壤、草食动物粪便、空气，少数致病性的种可从人或动物的感染部分离得。

属的特征：在合成培养基及马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上各个种菌落类型不一，有些种缺乏气生菌丝，湿润或呈细菌状菌落，有些种气生菌丝发达，呈茸毛状或絮状的菌落，或有明显的绳状菌丝索或孢梗束。菌落的色泽可由粉红至深红、白、灰色或黄色。营养菌丝丝状有隔、分枝、无色或鲜色或者在少数情况下由于盛产厚垣孢子而呈暗色。菌丝常编结成绳状菌丝或孢梗束。分生孢子梗很短，大多数从气生菌丝上生出，基部稍膨大，呈瓶状结构，互生、对生或轮生。分生孢子从瓶状小梗顶端溢出后推至侧旁，靠粘液把它们粘成假头状，遇水即散开，成熟的孢子近圆形、卵形、椭圆形或

圆柱形，单细胞或偶尔有一隔，透明。

本属有些种的有性阶段为翅孢壳(*Emericellopsis* van Beyma)，它的异名有（*Peyronellula* Malan)、(*Saturnomyces* Cain)。目前已知的最少有 8 个种，关于此属的种的界限看法很不一致。有人认为本属只有两个种，即奇异翅孢壳(*Emericellopsis mirabilis*) 及栖土翅孢壳（*Emericellopsis terricola*)。大多数产子囊阶段的头孢霉都具有产头孢菌素 C 的能力，其中个别的菌株活力较高。在 2%玉米粉琼脂上子囊壳很易产生，刚自基物上分离得的野生菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂及察氏培养基上培养时也能形成子囊壳。这里介绍的是光滑翅孢壳〔*Emericillopsis glaber* (van Beyma)Backus & Orpurt〕，它的无性阶段称为光滑头孢霉（*Cephalosporium glaber*)。它的子囊壳在马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上球形，棕黑色，直径为 30—90 微米，在玉米粉琼脂培养基上子囊壳直径少于 60 微米，它的子囊壳体积受培养基影响颇大。壳壁由 4—6 层菌丝编织成细胞状的膜质壳，中央有一孔口，子囊圆球形，透明，但常因内中孢子的色泽而极易察见。子囊含子囊孢子 8 个，子囊孢子椭圆形，平均 9.7×5 微米，浅褐色，孢壁生有 3—5 个翅状附属物，翅宽1—3微米，从孢子一端视之呈角状或鞭状，翅的边缘平滑或呈齿状，或在翅上有放射状褶皱或脉纹。产子囊孢子的种在培养基上同时产生分生孢子（图 154)。我国南、北方水稻田土壤中很易分

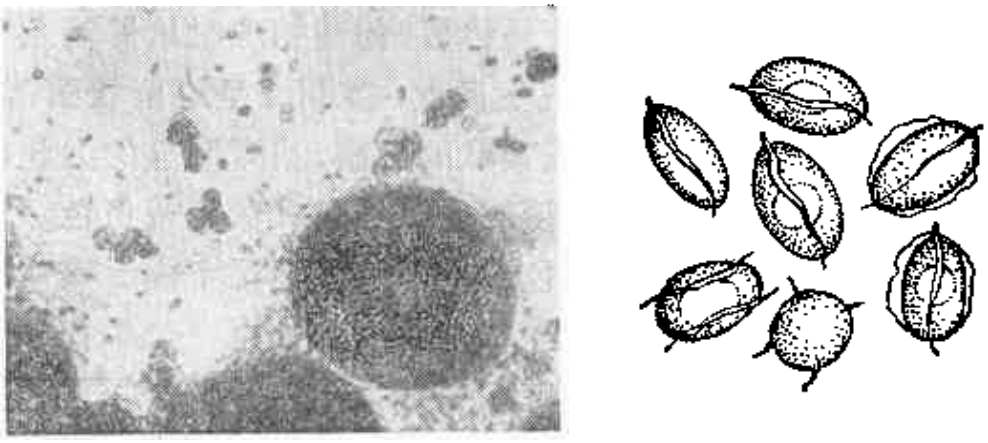


图 154　光滑翅孢壳

左：子囊壳及子囊　右：子囊孢子

离到翅孢壳的种，禾谷类的种籽也常常分离到此菌。

头孢霉属的模式种为顶孢头孢霉（*Cephalosporium acremonium* Corda），它的形态下面将要述及。现将我国常见的和较重要的几个种的检索表及种的描述列后。

引用种的检索表

1. 菌落粉红色或浅粉红色，白—浅粉红色。
   （i）分生孢子椭圆形或长椭圆形，4×1.5 微米。……顶孢头孢霉（*Cephalosporium acremonium*）
   （ii）分生孢子卵形至椭圆形，3—7.5×2.5—3 微米。……粉红头孢霉（*Cephalosporium roseum*）
   （iii）分生孢子近球形或卵形，分生孢子较粉红头孢霉的孢子小，3—4.5×2—2.5 微米。……粉红头孢短孢变种（*Cephalosporium roseum* var. *breve*）
2. 菌落黄色，分生孢子近球形至卵形 1.5—2.5×0.8—1 微米……产黄头孢霉（*Cephalosporium chrysogenum*）

产黄头孢霉（*Cephalosporium chrysogenum* Thirumalachar et Sukapure）

菌落在马铃薯-葡萄糖琼脂及葡萄糖酵母膏琼脂上 24°C培养时生长慢，8 天菌落直径 12—15 毫米，菌落的颜色开始白然后变成黄色，菌落反面亦成黄色，菌落的颜色随菌龄而变深，色素渗入基质中，菌落的表面呈网状或不规则的褶沟，菌落稍湿呈细菌菌落状。

菌丝分枝，有隔，纤细，宽 1—1.2 微米，浅黄色，分生孢子梗 10—15×1—1.5 微米，短，不分枝，无隔，微黄色，孢子很少产生，仅在老培养及乾了的边缘产生，孢子球形至卵形，1.5—2.5×0.8—1.0 微米，两端圆，微黄色（图 155）。

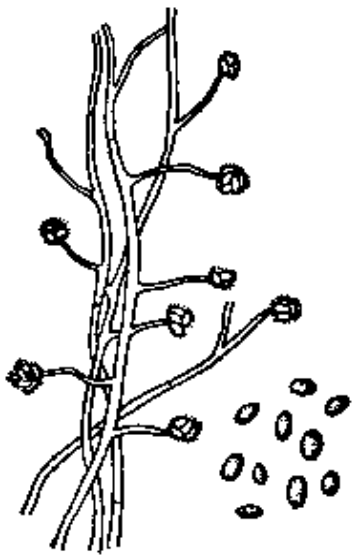


图 155　产黄头孢霉的菌丝、分生孢子梗及分生孢子

本种在籼米饭培养基上培养半月产生大量的不正常的孢子，形态多样，圆形、角形、长形、腊肠形、亚铃形，单细胞或有一隔，直或弯曲，5—12×2—4.2 微米，孢子梗常从集成类菌核状或类分生孢梗座结构。这种孢子的壁较厚，可达 0.5 微米，它可以像分生孢子一样萌发繁殖。本种在葡萄糖酵母膏琼脂上产黄色色素深，在察氏培养基上黄色色素较浅。本种产头孢菌素 N 及头孢菌素 C。

粉红头孢霉(*Cephalosporium roseum* Oud.)

在马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上生长相当迅速，在 28°C 培养一周菌落直径约 20 毫米，玫瑰—粉红色，反面同一颜色。气生菌丝发达，菌落不湿，不编结成绳状，不出现放射状沟纹。菌丝透明至浅色，直径 1.5—2 微米，隔疏。有些菌株在 32°C高温培育时出现厚垣孢子。厚垣孢子单生，直径 6—12 微米，球形，顶生或间生。自分生孢子梗(即瓶状小梗)的末端单个生出的分生孢子聚成球状的孢子头，直径13—16微米，含有10—15个孢子，分生孢子浅粉红色，卵形至椭圆形，光滑或微粗糙，薄壁，3—7.5×2.5—3(—4)微米。

此种曾从北京腐木上分离到。

粉红头孢短孢变种(*Cephalosporium roseum* Oud. var. *breve* Sukapure & Thirum.)

本菌在马铃薯-葡萄糖琼脂及葡萄糖酵母膏琼脂上生长情况与粉红头孢菌相似，菌落圆形，棉絮状，最初白色，后很快转为浅粉红色—粉红色，菌落反面同一颜色，稍湿或不湿，不编结绳状菌丝束，菌丝直径 1—1.5 微米，有不明显横隔。分生孢梗 15—25×1.5—2.5 微米，短、不分枝，向末端渐变细。分生孢子近球形或卵形，一端稍圆，一端稍平，3—4.5(—5.5)×2.0—2.5(—4)微米，

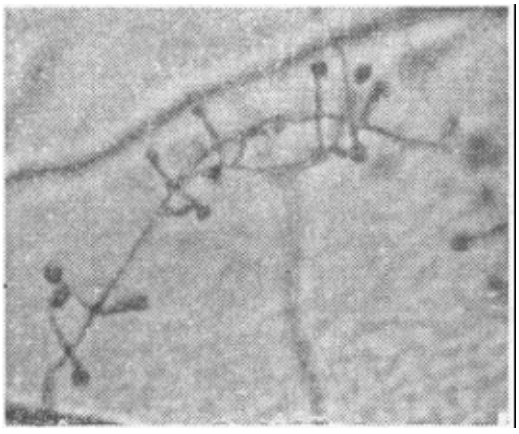


图 156　粉红头孢短孢变种的分生孢子头

本变种的分生孢子较粉红头孢菌的孢子稍小，且多为球形，很少为卵形或椭圆形(图 156)。

曾经从北京西苑水稻田土中分离到此菌。

顶孢头孢霉 (*Cephalosporium acremonium* Corda)

本菌包括许多变种，区别它们往往相当困难。在马铃薯-葡萄糖琼脂上生长很迅速，绒毛状或棉毛状气生菌丝常编结成绳束，湿或不湿，有或无放射褶沟。菌落最初白色，随菌龄增长变成淡粉红色，菌落反面微黄色。菌丝有隔，直径 2—3 微米，分生孢子梗直立，不分枝，无隔，30—60×1.5—3 微米，中央较粗而向末端渐变细。分生孢子在分生孢子梗的末端聚成头状，直径 10—15 微米，有时超过 15 微米，包含有 10—25 个分生孢子。分生孢子椭圆形或长椭圆形，直或中央弯，壁光滑，透明，3—4 (—7) ×1.0—2.0 (—3) 微米，一般为 4×1.5 微米，厚垣孢子棍棒状，浅色 3—4×14—16 微米(图 157)。

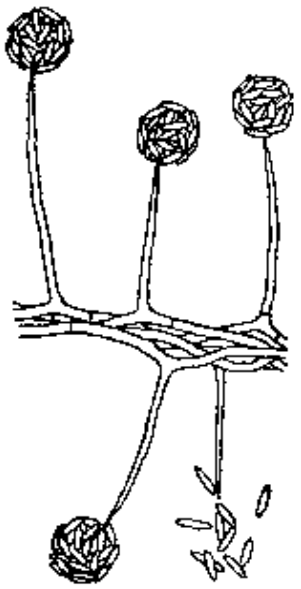


图 157　顶孢头孢霉的分生孢子头及分生孢子

土壤中常分离出此菌。

轮枝孢属(*Verticillium* Nees)

轮枝孢属的不育菌丝匍匐，分隔，分枝，无色或微带淡色。分生孢子柄直立，分隔，分枝。一级分枝对生或间生；二级分枝轮生，呈双叉式或三叉式着生在一级分枝的顶端，继之以相同方式分枝，末端的分枝瓶形，其顶部尖细，并由它形成分生孢子。分生孢子单生，

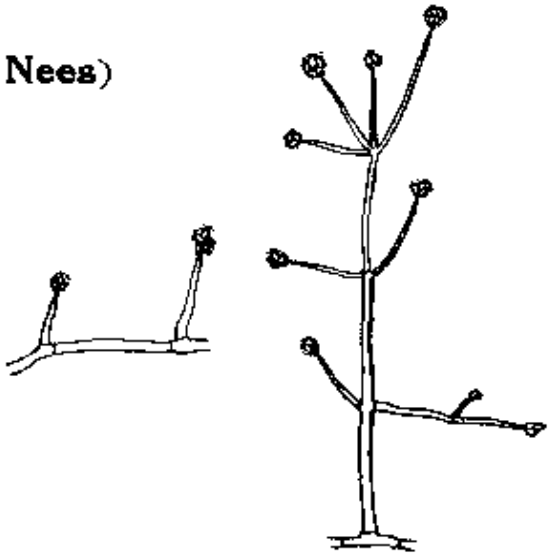


图 158　轮枝孢属的分生孢子梗、轮生分枝和孢子

易脱落，圆形、椭圆形、卵形，或短梭形，无色或微带色泽（图158）。它们是土壤中常见真菌，有的是植物病原菌。

砖红轮枝孢（*Verticillium lateritium* Berkeley）

异名：鲜红轮枝孢〔*Verticillium cinnabarinum* (Corda) Rinket et Berthold〕

菌落薄而向四周伸展，砖红色，有白色边缘。分生孢子梗具多次双叉分枝，但很少呈轮状，黄红色，直径 2—3 微米。分生孢子卵形 2—3×2 微米，砖红色。此菌的有性阶段为一种丛赤壳菌（*Nectria inventa*）。

瘤孢菌属（*Sepedonium* Lk. ex Fr.）

瘤孢属经常寄生在大型真菌（如蘑菇、白木耳、灵芝、牛肝菌）的子实体上，造成子实体腐烂，是栽培蘑菇的害菌，也可以腐生在有机残体及土壤中。这一属真菌的有些种具产抗生素的活性，如黄球瘤孢（*Sepedonium chrysospermum*）产生兼抗细菌与真菌的抗生素，囊孢瘤孢（*Sepedonium ampullosporum*）据报道可产生抗腹水癌细胞的抗癌物质。

菌丝匍匐，疏松，蛛网状，分枝疏，有横隔，孢梗为菌丝的侧短细枝，往往分叉。厚垣孢子单生于短细枝的末端，球形或卵形，单胞，透明或浅色，粗糙或有瘤状突起。

黄球瘤孢菌〔*Sepedonium chrysospermum* (Bull.) Fr.〕

在马铃薯-葡萄糖琼脂上菌丝广布，最初白色，老时由于形成大量厚垣孢子而呈金黄色。菌丝有隔，分枝，粗 3—5.5 微米，分枝上生单个或双叉或数个丛生的短细枝，厚垣孢子即从此短细枝上生出。厚垣孢子单个顶生，数量极多，球形，直径（10—）13—15（—18）微米，双层壁，外壁与内壁间宽 0.5—1 微米。最初无色，老时黄色至金黄色。幼嫩孢子外壁几乎光滑，老时由内壁长出齿轮

状增厚物，穿过外壁，而使厚垣孢子呈明显的瘤状突起(图 159)。

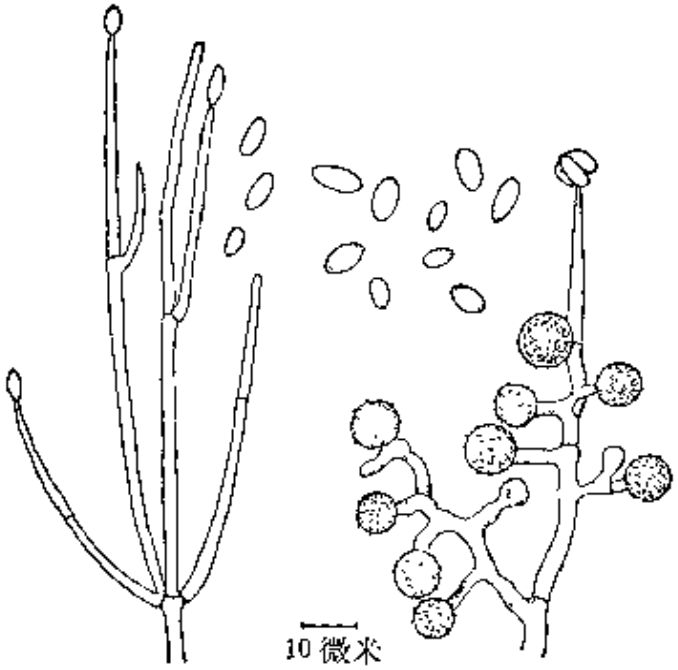


图 159　黄球瘤孢菌的分生孢子梗，分生孢子及厚垣孢子

分生孢子阶段，分生孢梗纤细，典型轮状分枝，有时分枝稀疏，分生孢子梨形或长椭圆形—卵形，透明，单细胞或有 1—2 隔，单生于轮状分枝的顶端，9—11×4.5—6.0 微米。

子囊阶段黄球梨壳霉〔*Apiocrea chrysosperma*(Tul.)Syd.〕菌丝垫金黄色，子囊壳密集，圆锥形至梨形，直径达 0.36 毫米，高 0.3—0.32 毫米，最初透明，后橙黄色，干时红—褐色，光滑，子囊圆筒形或广棍棒形 120—200×4—10 微米，子囊孢子披针形，一端或两端尖，透明，有一隔，两孢室大小极不均匀，端部各有小突起，21—30×5—6 微米，有些孢子的两孢室稍均匀，窄卵形或纺锤形，9—16×3—4微米，粗糙(图160)。

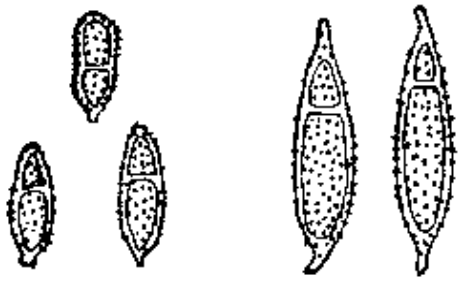


图 160　黄球梨壳霉的大孢子囊孢子和小孢子囊孢子

此菌广布于全国各地，在大型真菌的子实体及土壤中，有时在有机残体、杂食及草食性动物粪便及带菌种籽上很容易分离到。

单端孢霉属(*Trichothecium* Link ex Fries)

单端孢霉在玉米的杆、穗轴、腐烂的果实及土壤中经常能分离到，粉红单端孢霉 (*Trichothecium roseum*) 能使贮藏中的苹果腐烂，称粉红腐。这个种能产生单端孢霉素(Trichothecin $C_{19}H_{24}O_5$)是属于抗真菌的抗生素。又有人自这种菌的菌丝提取一种不抗真

菌但能抗枯草杆菌及草分枝杆菌的抗生素叫罗西林 II (Rosein II $(C_{19}H_{28}O_3)$)。有人利用这种菌转化孕甾酮在 11α 位上起羟化作用。

本属的菌落薄，絮状蔓延，分生孢子梗直立，有隔，不分枝。分生孢子 2—4 室，透明或淡粉红色。以前对这个属的分生孢子形成的方式是不太清楚的，1956 年有人重新研究了粉红单端孢霉的分生孢子着生形式证明属于瓶状体孢子 (Phialospore) 类型，是以向基连续形成的形式产生的。第一个分生孢子和在它下面的后来产生的分生孢子在孢子形态及着生痕的位置都有区别。第一个分生孢子的下孢室的基部尖，着生痕位于整个孢子的中心轴的基点；后来形成的分生孢子的下孢室的基端收缩部较宽，着生痕不位于中心轴的基点上，而在基端收缩部的一侧(图 161)。

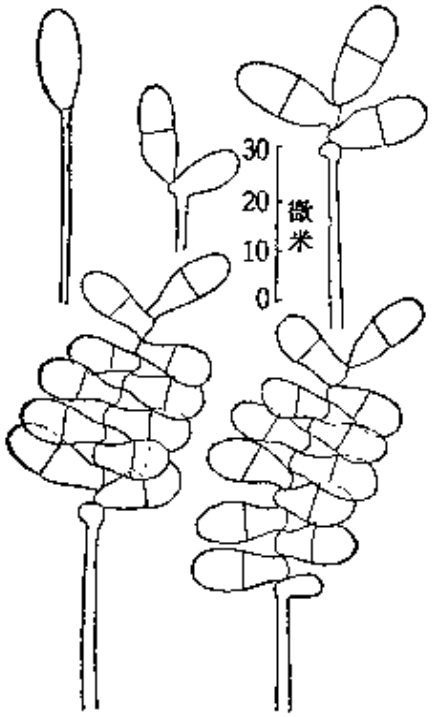


图 161　粉红单端孢霉的分生孢子与孢子的形成顺序

过去文献中记述单端孢霉属有 5 个种，1966 年增加了一个新组合的种，即寄生在红蟋蟀上的蝗生单端孢霉〔*Trichothecium acridiorum* (Trabut)Madelin〕，这个种的分生孢子较粉红单端孢霉为小，孢子隔膜 1—3 个，着生痕在下孢室基端的左右两侧及中央，这个种以及寄生在线虫上的囊孢单端孢霉 (*Trichothecium cytosporium*) 在生物防治上有一定意义。

粉红单端孢霉 (*Trichothecium roseum* Lk. ex Fr.)

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂上菌丝蔓延，薄，扩展快，絮状或蛛丝状，最初白色，然后慢慢地转为粉红色。分生孢子梗直立，有少数横隔或无隔，不分枝，梗端稍膨大。分生孢子自梗端单个地以

向基式连续形成一串孢子。孢子形成后靠着生痕彼此连接而聚集在孢梗的末端形成外观圆形至矩形的孢子头。分生孢子梨形或倒卵形，两个孢室，上孢室较下孢室为大，下孢室基端明显收缩变细，着生痕在基端或其一侧，透明或浅粉红色，12—18×8—10 微米(图162)。

此菌在玉米梗和穗轴，贮藏中腐烂的苹果及其它果实和土壤中很易找到。遍布全国。

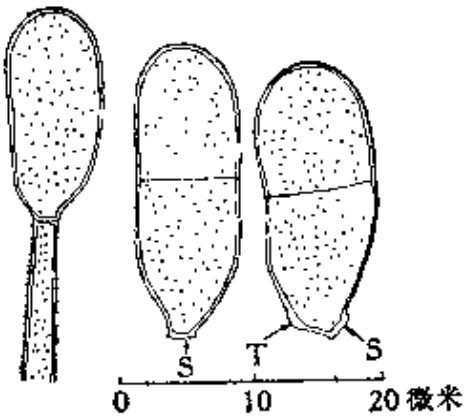


图 162　粉红单端孢霉

左：分生孢梗的第一个孢子的形成　中：脱落的第一个分生孢子(S处指着生脐)　右：后来形成的(非第一个)分生孢子，T 处指与隔邻孢子相接触处的加厚部

(III)暗丛梗孢科(Dematiaceae)

短梗霉属(*Aureobasidium* Viala et Boyer)

真菌丝具横隔和分枝，菌丝各部可产生单细胞的芽生孢子。菌落幼年时淡色，且粘质状，逐渐变为暗色并呈皮革状。

出芽短梗霉〔*Aureobasidium pullulans*(Debary) Arnaud〕

异名：出芽茁霉〔*Pullularia Pullulans*(de Bary)Berkh.〕

俗名：黑酵母(Black yeast)

菌落质地最初粘稠，脏白色，很快变为脏绿色，然后成为黑色，皮革状，有褶皱的菌落。颜色变化是由中央开始，逐渐向菌落边缘扩展，最后全部变为黑色。在不利条件下菌落可迅速变黑。幼年的菌落具细而无色透明的菌丝，横隔少。随之，壁加厚，色转暗，菌丝弯曲而多分隔，老年菌丝可由横隔膜处断裂成裂生子状的片段。菌丝各处可产生乳头状突起，突起上着生椭圆形分生孢子，4—8微米。分生孢子可由酵母式的出芽来产生较小的次生分生孢子

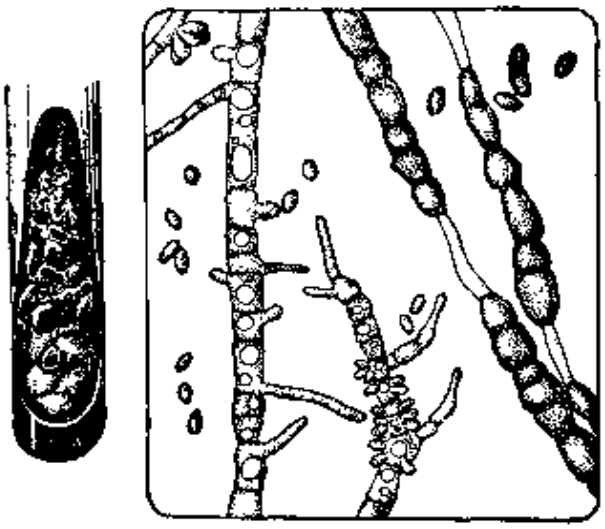


图 163　出芽短梗霉

左：斜面上生长的菌落　右：菌丝、分生孢子及厚壁的菌丝

(图 163)。

出芽短梗霉能同化葡萄糖、果糖、麦芽糖、蔗糖，并能产酸。也同化棉子糖、菊苣糖、木糖、阿拉伯糖、半乳糖、甘露糖。不同化乳糖。

分解果胶，往往分解了覆盖在植物叶片和小枝上的果胶或几丁质，使其他微生物易于侵入。

耐高渗透压，能在高浓度糖和中性盐中生长，因此在自然界中能存在于花粉和树蜜中。

能适应的酸碱度范围较大(pH1.9—10.1)，所以能抵抗多种自然环境。

生长最适温度为 27°C。

在通气良好的条件下菌丝阶段明显。通气不良时分生孢子多，这时形态类似酵母。黑色素的产生与呼吸过程有关，色素的产量常随氧的多少而异，无氧时易于产生黑色素。亚硅酸盐可促进其细胞分裂，培养时加入亚硅酸盐则不形成菌丝和色素，只有无色的酵母形细胞生长。

出芽短梗霉能适应各种环境，因此很容易分离到它，如空气、土壤、杂草、花粉、树木的流胶、松树的针叶、浮在水中的木料、水果表皮、油漆涂料的表面等处都可作为分离基质。它也常与介壳虫或树皮上的藻类共生。

出芽短梗霉与亚麻的浸解有关，在澳洲和荷兰已用于亚麻布的生产。利用出芽短梗霉还可得到葡聚糖型的多糖，用 5—10%的蔗糖或葡萄糖甚至麦芽糖培养出芽短梗霉可制取芽霉聚糖 (Pullulan)。

它常是水果(如梨、樱桃、柑橘、葡萄、草莓等)和蔬菜(如西红柿)在贮藏和堆积中引起腐败的菌种之一。在谷物含水量大的时候(水分在15%以上)也会引起发霉而不宜于食用或播种。它可引起松树的针叶枯萎、木材和纸浆的污染。它也侵染旧书页的纸张,能在羊皮、帆布、塑料上生长使其产生污点。偶而也污染面包、黄油、干酪、冷藏肉等食物。它生长在油漆表面,菌丝深入到漆膜内致使漆膜开裂。它也是人体的弱致病菌,为感染皮肤的真菌之

葡萄状穗霉属(*Stachybotrys* Corda)

葡萄状穗霉经常从生霉的含纤维素物质草食性动物粪便、种籽、土壤及空气中分离到。这个属的种含有很强的纤维素酶,很早就有人利用此菌提取纤维素酶。这个属的真菌可以引起人及家畜的食物和饲料中毒症,并使家禽致病称葡萄状穗霉症。有人报道葡萄状穗霉在培养液中所产生的毒性物质可抑制烟草花叶病毒。此外,据称纸板葡萄状穗霉(*Stachybotrys chartarum*)产生多酚氧化酶(oxidases of polyphehols)。

葡萄穗霉菌丝匍匐,蔓延,有隔,分枝,透明或稍有色。分生孢梗从菌丝直立生出,最初透明然后烟褐色,规则地互生分枝或不规则分枝,每个分枝的末端生瓶状小梗,透明或浅褐色,在分枝末端单生、两个对生至数个轮生。分生孢子单个地生在瓶状小梗的末端,椭圆形、近柱形或卵形,暗褐色,有刺状突起。

本属以前报道有3—5个种,较确定的种只有两个,即黑色葡萄状穗霉(*Stachybotrys atra* Corda)和柱孢葡萄状穗霉(*Stachybotrys cylindrospora* Jansen)。

黑色葡萄状穗霉(*Stachybotrys atra* Corda)

在马铃薯-葡萄糖琼脂上菌落茸毛状,初期烟褐色至绿褐色,后期黑褐色至黑色。菌丝透明,有隔,粗4—6微米。菌丝分枝呈广角或近于直角,常间生卵形、椭圆形或球形的厚膜孢子,直径达

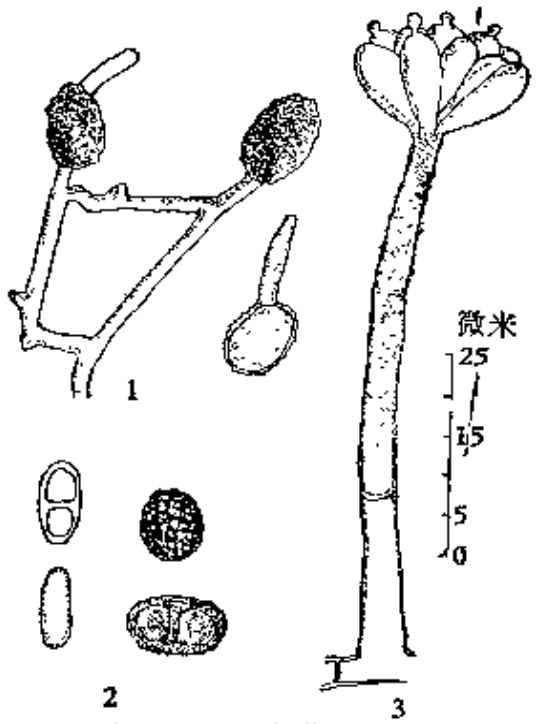


图 164　黑色葡萄状穗霉

1. 孢子萌发及芽管的联结现象
2. 成熟的和未成熟的孢子
3. 简单的分生孢梗

12 微米。分生孢子梗自菌丝直立生出，基部几乎透明，往末端呈烟褐色，规则地互生分枝，不规则分枝或不分枝，有隔，40—80×2—4 微米，每个分枝末端单生、对生或数个轮生瓶状小梗。瓶状小梗透明或浅褐色，10—12×4—5 微米，壁厚达 0.5 微米。分生孢子单生，椭圆形、近柱形或卵形(6—) 8—12×4—5(—7)微米。幼时浅色至烟褐色，老时黑色，有刺状突起(图 164)。

此菌遍布于全国，从土壤、种籽、有机残体、草食性动物粪中均可分离到它。

枝孢霉属(*Cladosporium* Link)

枝孢霉(亦称芽枝霉)的菌丝在基物表面或内部匍匐，分隔。分生孢子梗几乎是直立的而且分枝。菌丝绒状或絮状，橄榄色。分生孢子球形或卵形，初为单细胞，老后常带横隔，一般顶生，然后被推向侧面。因而常由孢子构成链状分枝。它们是腐生菌，多出现在由蚜虫分泌的蜜液上，所以被蚜虫侵害过的植物上能找到这类菌。此属菌的种数很多，但界限多不明确。

蜡叶枝孢霉〔*Cladosporium herbarum* (Persoon) Link〕

菌落在马铃薯-葡萄糖琼脂或察氏琼脂上略成局限的厚绒状，黄绿色至黑绿色。分生孢子梗直立，分隔，有短枝，褐色或暗绿色，直径 5—10 微米。高达 $^1/_3$ 毫米。分生孢子由梗之顶端形成，并以出芽生殖的方式最后形成树状的具分枝的分生孢子链，幼年为单

细胞，椭圆形，老后常带1—4个分隔，长椭圆形，壁上有微刺。此菌多危害纺织品、皮革、纸张、橡胶、食品等，也是常用的霉腐实验菌（图165）。

此属中另一个种，树脂枝孢霉〔*Cladosporium resinae* (Lindau) de Vries〕，常出现在用煤焦油或杂馏油浸过的木材上，它可以利用石蜡为碳源而生长。

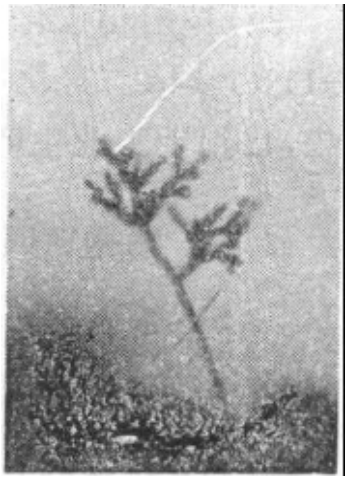


图165　蜡叶枝孢霉的分生孢子梗及分枝

弯孢霉属（*Curvularia* Boedijn）

弯孢霉的菌丝体分枝，分隔，近无色或褐色。分生孢子梗分隔，不分枝。分生孢子顶生，以轮状或螺旋状排列；绿褐色或褐色，呈弯曲的椭圆形或柱形，有3—4个分隔；中间细胞之一显著的较两端细胞大，而且颜色较深；萌发时由两端出芽。这类菌常见于土壤中。

新月弯孢霉〔*Curvularia lunata* (Walker) Boedijn〕

菌落在马铃薯-葡萄糖琼脂上四周蔓延，近棉絮状，暗灰绿色，背面蓝黑色。菌丝分隔，多分枝，绿褐色，直径3—3.6微米。分生孢子梗直立，长于100微米，直径3.6微米，不分枝。孢子在分生孢子梗上多少呈轮状着生，具3个分隔，弯曲，褐色，18—29×10—8微米（图166）。它在土壤中较多，是这属菌中常见的种。

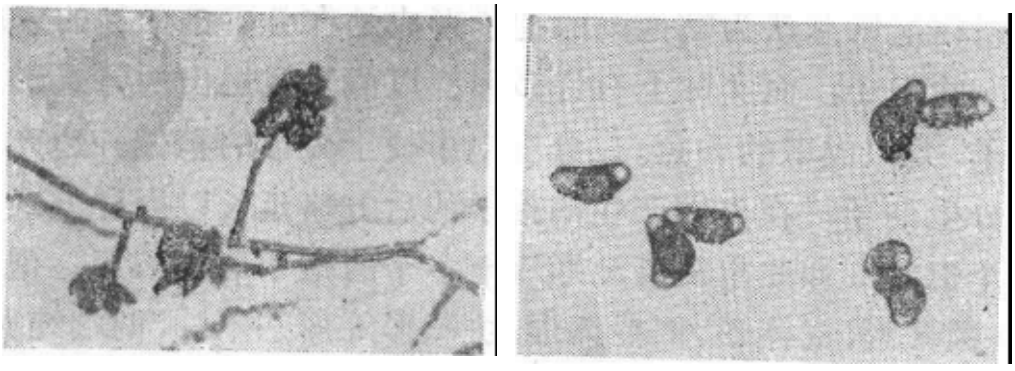


图166　新月弯孢霉

左：分生孢梗及分生孢子着生情况　右：分生孢子

此菌对甾族化合物的转化很有用，为-11β,-11α羟化菌，或-11β、-14α二羟化菌。它能转化赖斯坦氏化合物S为氢化可的松，已用于工业生产。

蠕孢菌属(*Helminthosporium* Lk. ex Fr.)

这个属多是禾本科以及其他经济作物寄生菌，如寄生在大麦、高粱、柑橘、甘蔗、香蕉、豌豆等上，从各类植物的种籽及寄主病斑上很容易分离到，有许多种也同时是腐生菌，从植物残株及土壤中也易分离到，这个属的一些种有较强的纤维素酶活性，另一些种可以产生抗生素如燕麦蠕孢菌(*Helminthosporium avenae*)及稻蠕孢菌(*Helminthosporium oryzae*)能产生抗细菌及真菌的抗生素。近来有报道利用禾草蠕孢菌(*Helminthosporium sativum*=*Helminthosporium sorokinianum*)从农产品废弃物(作为碳源)合成较高产量的蛋白质。有些种可以合成红色或紫色色素为羟基蒽醌(hydroxyanthraquinone)。

这一属是一个大属也是异质性的杂合属，1959年有人将此属按孢子形成及萌发方式分为三个属即蠕孢属(*Helminthosporium*)、德勒氏属(*Drechslera*)及两端芽蠕孢属(*Bispolaris*)。1963年又有人根据分生孢子的来源、隔膜的性质、孢子成熟的程序、萌发的方式及分生孢梗层出的特点将原来归属于这个属的种及近缘种归于五个属中即外蠕孢属(*Exosporium*)、尾棒孢属(*Sporidesmium*)及瓦氏属(*Vakrabeeja*)、棒孢属(*Corynespora*)及蠕孢属。

以往通常总认为蠕孢菌的孢子形成是在分生孢子梗的末端产生单一的孢子，而实际上有许多种都以假轴式层出的方式形成一簇孢子，类似成串的香蕉。在分生孢子梗于先端的稍偏一边产生第一个分生孢子，在先端产生的孢子的后方略延长以同样方式产生第二个孢子，如此重复直至形成十多个的孢子形成一簇。孢子相当长，圆柱形、棍棒形、倒棍棒形、纺锤形等形态不一，两端纯圆，或一端或两端变细，直或弯，光滑，暗褐色，绿褐色至黑绿色，多横隔。有些种的孢子有真正的横隔，而另一些种的孢子并没有真正的横

隔，而只有一列中央构造物，称之为“原生质体”。“原生质体”为一层次生的内膜所包围，而孢子的外壁像一个外套似的套着次生内膜及原生质体，可以将外壁完整地剥离出来，说明孢子的外壁与中央构造物没有联系。孢子的萌发方式有的种只限于两端或一端萌发，有的种的孢子却可以遍体萌发（即各个孢室或一列中央构造物的任何部分均可萌发）。

禾草蠕孢菌（***Helminthosporium sorokinanum*** **Sacc.**）
异名：（***Helminthosporium sativum*** **Pamm. King & Bakke**）

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂上菌落初期白色，很快转为褐色至褐黑色，分生孢梗丛集，直立，不分枝，筒状，多隔，暗褐色至暗红褐色，72—308(—350)×5—7(—10)微米，基部粗12—14微米，3—14个隔。分生孢子在梗上以假轴式层出形成，长纺锤形或筒形而两端变细，壁厚，(43—)90—109(—130)×(12—)15—(—15)20微米。老熟的孢子在显微镜下观察似有（3—）6—14个隔。分生孢子的隔属于假横隔，孢子内为一系列的“原生质体”的中央构造物。孢子萌发时芽管自孢子的两端沿中轴方向伸出（图167）。本种的有性世代为小麦根腐病旋孢霉〔*Cochliobolus sativus* (Ito et Kurib.) Drechsler〕。

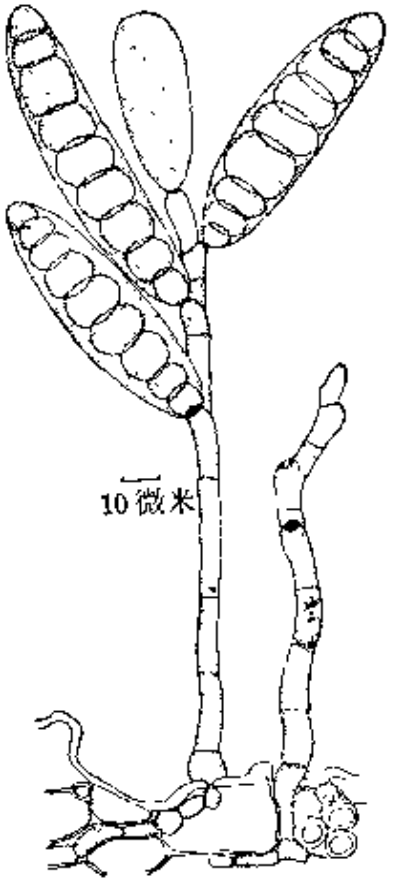


图167 禾草蠕孢菌在大麦叶上的分生孢子梗的层出及分生孢子的着生痕

自大麦和小麦罹病植株及带菌种籽分离到。据报道我国黑龙江、河北、江苏、广东、台湾、吉林、四川、云南、贵州、山东、安徽、浙江、福建均有分布。

交链孢属(*Alternaria* Nees ex Wallr.)

交链孢霉的不育菌丝匍匐，分隔。分生孢子梗单生或成簇，大多数不分枝，较短，与营养菌丝几乎无区别。分生孢子倒棒状，顶端延长成喙状，淡褐色。有壁砖状分隔，暗褐色。常数个成链，有人称这种分生孢子为同节孢子。这属菌是土壤、空气、工业材料上常见的腐生菌，它们也是某些栽培植物的寄生菌，某些种可用于甾族化合物的转化，如将 $\Delta^4 \rightarrow 5\beta$-H，或 Δ^1 脱氢。

互隔交链孢霉〔*Alternaria alternata*(Fr.) Keissler〕

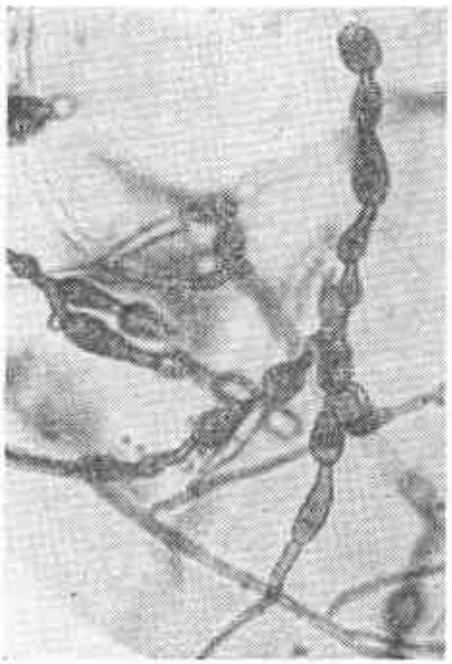


图 168　互隔交链孢霉的分生孢子

菌落绒状，灰黑色至黑色，分生孢子梗较短，分隔不分枝或分枝，褐绿色。分生孢子壁砖状，具3—5个横隔，褐绿色或褐黑色，常十数个成链，大小极不规律，通常 30—36×14—15 微米(图168)。它是土壤和潮湿的材料上常见的种，某些菌株可产生蛋白酶，有些菌株产生交链孢醇（Alternariol），其用途还不清楚。

匍柄霉属（*Stemphylium* Wallroth)

这一属的种大多数是植物病原真菌，如这一属的模式种簇孢匍柄霉（*Stemphylium botryosum*）是葱叶枯病的病原菌，它的有性阶段的名称是蜡叶多孢霉(*Pleospora herbarum* Rabenh.)它除危害洋葱之外还危害苜蓿、柑橘、菜豆、豌豆、卷心菜、黄瓜、红三叶草等 16 种植物造成轮纹叶斑。另外这个属的某些种如棉毛状匍柄霉（*Stemphylium lanuginosum*）是腐生的。在发病植株、纤维制品、植物种籽及土壤中，容易分离到这一属的菌种。

匍柄霉属与交链孢霉属(*Alternaria*)有密切的关系，它们都具有壁砖状分隔孢子，这两属的区别：孢子成链状，而且孢子有尖喙的属于交链孢霉；而孢子单生，不成链，亦无尖喙的属于匍柄孢霉。但有个别种是介于此两属中间类型的，如冬青匍柄霉(*Stemphylium ilicis*)通常孢子不链生但也可以有2—4个孢子链状相连，并且可以具有短喙。

这属的营养菌丝匍匐，扩展，暗色，有隔，棉絮状，分生孢梗为菌丝侧枝，多少直立，常很短，几乎不分枝，常无隔或有1—3隔。孢子着生部分呈结节状，数个结节连在一起。分生孢子单个顶生(个别中间类形的种例外)，长卵形、卵形或几乎棍棒形，末端钝圆或略尖(个别中间类型的种可有短喙)，壁砖状分隔，暗色或浅褐色至暗橄榄色，光滑或粗糙。

簇孢匍柄霉(*Stemphylium botryosum* Wallr.)

在马铃薯-葡萄糖琼脂上菌落外观浅黄褐色至暗褐色，营养菌丝匍匐，扩展，不规则分枝，最初无色，后来浅褐色，最后暗褐色，有隔。分生孢子梗为菌丝的分枝，短，不分枝或分枝，透明或浅褐色多少粗糙，孢子着生部分呈连续结节状可达4个结节连在一起，分生孢子基部具短的突起，分生孢子近球形、椭圆形或长椭圆形，由纵横隔及斜隔分成9—22个胞室，浅黄褐色—棕黑色(25—)31—40×10—20(—26)微米，孢子老时表面有细点(图169)。本菌在马铃薯-葡萄糖琼脂试管斜面上多次传代后即失去产孢子能力。但刚分离的野生型菌株在培养皿内用马铃薯-葡萄糖琼脂培养时能产生许多孢子，特别是当用察氏培养基时，孢子量更多。

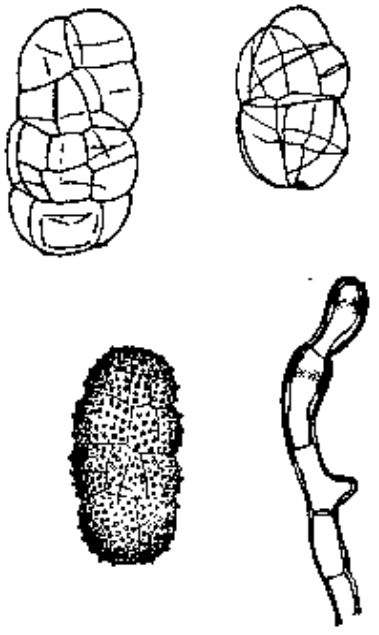


图169 簇孢匍柄霉的分生孢子梗和分生孢子

(IV)束梗孢科(Stilbaceae)

矛束孢霉属(*Doratomyces* Corda)

这类菌的主要特征是，分生孢子梗集合成明显的菌丝束，菌丝束直立，棒状至柱状，色暗坚硬，分生孢子着生在疏松的，长形或近似球形或类似圆椎花序状的孢梗束。孢子卵形或柠檬形，几乎无色，成链，它是土壤中常见的真菌。

图 170 具柄矛束孢霉的孢梗束及分生孢子

具柄矛束孢霉〔*Doratomyces stemonitis* (Pers ex Fr.) Morton et G. Smith〕

异名：具柄梗束霉〔*Stysanus stemonites* (Pers.) Corda〕

它是这属菌中较重要的种。菌落呈深的烟灰色，由一般的菌丝体和菌丝束组成，而菌丝束则是由分生孢子梗构成，梗束是深色的，而且有分隔，顶端松开，有帚状枝，其上形成分生孢子，孢子卵形或柠檬形，6—8×4—5 微米，淡褐色或绿色，成链(图 170)。

具柄矛束孢霉(*Doratomyces stemonitis*)其中有些菌株能阻抑碗豆的生长，有的能分解纤维素、木材、聚木糖等。

(V)瘤座孢科(Tuberculariaceae)

镰刀菌属(*Fusarium* Lk.)

镰刀菌属包括许多危害经济植物的种及一些在工农医上有用或有关的种。它们的某些种可以引起小麦、水稻、蔬菜等的病害。

还有的是人及动物的致病菌。某些谷物和饲料中生长的一些镰刀菌可产生毒素引起人及动物的中毒。当然，镰刀菌中有用的种也不乏存在，植物刺激剂——赤霉素（九二〇）即是串珠镰刀菌(*Fusarium moniliforme* Sheld.)〔有性阶段稻恶苗病赤霉 *Gibberella fujikuroi*(Saw.) Wr.〕产生的，已证实九二〇可刺激农作物生长，增加产量，也可作为药物医治某些疾病。镰刀菌的某些种还可产生较强的纤维素酶、脂肪酶及果胶酶。据报道，一些种也可产生抗生素和有机酸等物质。

镰刀菌分类的性状依据：由于镰刀菌的分类存在着好几个不同的系统，各系统所用的分类性状依据又有差别和侧重点。概括起来，作为分种的依据性状是大型分生孢子外形（顶端细胞的形状、弯曲度），小型分生孢子的形态、着生方式和厚垣孢子的有无。而产孢器官（子座、分生孢子座、粘孢层）、菌核有无、大型分生孢子和小型分生孢子的隔数和量度、胞壁的厚度与脚胞的有无，一般说来是属于次要的性状。但对于某些种、专化型 (formae speciales) 或培养型(Cultivars) 的区分也有一定的参考价值。各产孢器官类型、菌核、气生菌丝及基质的色泽、气味及气生菌丝的高低、生长速度及编结程度及对寄生植物的专化性都是必须记述的，尤其是对寄主植物的专化性是区分专化型的依据，而色泽、气味、菌丝生长速度、高低和编结程度常是区分培养型的依据。

镰刀菌的分类系统：伏仑委贝和莱因钦 (Wollenweber and Reinking) 系统包括 16 组 65 种 55 变种 22 型；拉伊洛 (РАЙЛО) 系统包括 17 组 55 种 10 亚种 51 变种 61 型；贝拉依 (БИЛАЙ) 系统包括 9 组 26 种 29 变种；哥顿(Gordon) 系统包括 12 组 26 种 4 变种；17 型柏府(Booth) 系统包括 35 种，相近于哥顿的系统，施奈德(Snyder and Hansen) 和汉逊在 1945 年提出而又经施奈德和道逊 (Snyder and Toussoun) 在 1965 年进一步完整地提出的系统（简称施奈德——汉逊——道逊系统）包括 9 个种，没有变种，但设有专化型和培养型。

我们不准备对各个系统作比较和评论，对所引用的种的命名

也不一定拘泥于那一个系统，而选择了认为较合适的命名。

本属的特征：在马铃薯-葡萄糖琼脂或察氏培养基上气生菌丝发达，高 0.5—1.0 毫米或较低 0.3—0.5 毫米，或更低（0.1—0.2 毫米），稀疏的气生菌丝，甚至完全无气生菌丝而由基质菌丝直接生出粘孢层内含大量的分生孢子。大多数种小型分生孢子通常头状着生，较少为链状着生，或者假头状和链状着生兼有。小型分生孢子生于分枝或不分枝的分生孢子梗上。小型分生孢子形态多样，卵形、梨形、椭圆形、长椭圆形、纺锤形、披针形、腊肠形、柱形、锥形、逗点形、圆形等，1—2(—3)个隔，通常小型分生孢子的量较大型分生孢子为多，大型分生孢子产生在菌丝的短小爪状突起上或产生在分生孢子座上，或产生在粘孢团中，大型分生孢子形态多样，镰刀形、线形、纺锤形、披针形、柱形、腊肠形、蠕虫形、鳝鱼形，弯曲、直或近于直。顶端细胞形态多样，短喙形、锥形、钩形、线形、柱形、逐渐变窄细或突然收缩。气生菌丝、粘孢团、子座、菌核可呈各种颜色，基物亦可被染成各种颜色。厚垣孢子间生或顶生、单生或多个成串或成结节状，有时也生于大型分生孢子的孢室中、无色或具有各种颜色，光滑或粗糙。

子囊阶段属于果子囊菌组 (Pyrenomycetes) 的丛赤壳属 (*Nectia*)、丽赤壳属 (*Calonectria*)、赤霉属 (*Gibberella*) 和隐壳霉属 (*Hypomyces*)。

镰刀菌属引用种的检索表

一、有小型分生孢子

1. 小型分生孢子链生，或链生与假头状着生并存

①小型分生孢子大多数为球形或洋梨形，子囊阶段未知……梨孢镰刀菌 (*Fusarium poae*)

②小型分生孢子大多数为椭圆形、披针形、纺锤形，子囊阶段为赤霉属……串珠镰刀菌 (*Fusarium moniliforme*)

2. 小型分生孢子非链生，为典型假头状着生

①大型分生孢子壁薄，顶端细胞较长，逐渐变窄而尖，通常孢子宽度较窄，子囊阶段未知……尖孢镰刀菌 (*Fusarium oxysporum*)

②大型分生孢子壁厚，顶端细胞较短，常变钝，通常孢子宽度较粗，子囊阶段为隐壳霉……茄病镰刀菌（*Fusarium solani*）

二、无小型孢子

1. 大型分生孢子顶端细胞狭长而呈线状，顶端细胞长度很长，野生型菌种产孢子良好，在马铃薯-葡萄糖琼脂上的气生菌丝及粘孢团通常粉红色……燕麦镰刀菌（*Fusarium avenaceum*）

2. 大型分生孢子顶端细胞末端变钝或稍尖，顶端细胞较短，野生型菌种一般不产孢子，在马铃薯-葡萄糖琼脂上的气生菌丝白—洋红色或白—砖红色……禾谷镰刀菌（*Fusarium graminearum*）

串珠镰刀菌（*Fusarium moniliforme* Sheld.）

有性阶段：稻恶苗病赤霉〔*Gibberella fujikuori* (Saw.) Wr.〕

在马铃薯-葡萄糖琼脂上气生菌丝棉絮状，蔓延，高 0.2—0.5（—0.7）毫米，有些菌株平铺或局部低陷，试管壁或菌落中央有一定程度的绳状或束梗状的趋势。气生菌丝的色泽随菌株及培养基而异：白色、浅粉红色、淡紫色。试管反面为较淡的黄、赭、紫红乃至蓝色，或它们之间的颜色。野生型菌株一般产孢子良好，在气生菌丝层上见有一层稍稍反光的松散的细粉就是散落成堆的孢子。某些菌株在菌落中央产生粉红色、粉红—肉桂色的粘孢团，个别菌株则为暗蓝色，粘孢团包含大量的小型分生孢子及较多的大型分生孢子。

小型分生孢子椭圆形、纺锤形、卵形、梨形、腊肠形。透明，单细胞或有 1—2 个隔，直或稍弯，3—7（—14）×2—4.8 微米（液体培养时较大为 9—18×2.5—6 微米）。小型分生孢子成串或假头状。

大型分生孢子为镰刀形、纺锤形、棍棒形、线形，直或稍弯。孢子两端窄细或粗细均一，或一端较钝一端较锐，透明，壁薄，一般多为 3—6 个隔，7 隔者罕见。

3 隔的大小平均为 36×3 微米；

5 隔的大小平均为 49×3.1 微米。

6 隔的大小为 56—60×4.5—4.8 微米。

在米饭培养基及马铃薯块培养基上有些菌株可产生子座，呈黄色、褐色或紫色。有些菌株还可形成菌核。

子囊阶段属果子囊菌组 (Pyrenomycetes) 的赤霉属 (*Gibberella*)，子囊壳深蓝色，球形或卵形，外部疣状突起或粗糙，250—330×220—280 微米(变化幅度 190—390×160—420 微米)，子囊圆筒—腊肠形，顶部平钝，90—102×7—9 微米 (变化幅度 66—129×7—14 微米)，常含 4—6 个子囊孢子，乃至 8 个，子囊孢子椭圆形、单行或不规则双行排列，1 隔 (发芽前有时 2—4 隔)，14—18×4.4—7 微米(变化异幅度 10—24×4—9 微米)(图 171)。

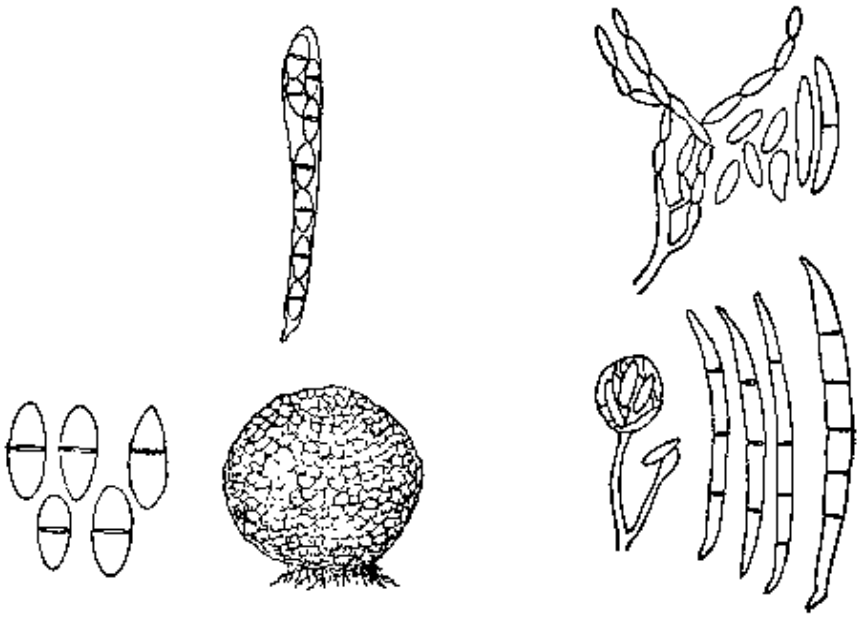


图 171　串珠镰刀菌

左：子囊壳，子囊和子囊孢子　　右：大、小型分生孢子

本种即为赤霉素(九二〇)的产生菌、近年来九二〇在各地已经较普遍地推广应用，在许多作物上已经得到肯定的效果。目前一般应用于小麦、水稻、棉花、芹菜、菠菜、白菜、土豆等上，但对九二〇的使用浓度、使用时期及方法各地仍在继续深入研究之中。此外还可用于果树栽培及畜牧业上。更有一些报道九二〇用于某些疾病的临床治疗，获得了良好的结果。

串珠镰刀菌分布在水稻上(全国水稻区都有，江西、云南、福

建、黑龙江、广东、浙江省尤多），还可在玉蜀黍、甘蔗及橘、柑、棉、洋葱等类植物的根、茎、穗、种籽及土壤中。

禾谷镰刀菌（*Fusarium graminearum* Schw.）
有性阶段：小麦赤霉〔*Gibberella saubinetii*（Mont.）Sacc.〕

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上菌丝棉絮状至丝状，生长茂盛，高度可达 5—7 毫米，初期白色，然后白—玫瑰色、白—洋红色或白—砖红色，中央常遗留黄色气生菌丝区，反面深洋红色或淡砖红—赭色。菌丝分枝，有隔，透明，或浅玫瑰色，直径 1.5—5 微米。一般野生型菌株在培养基上不产生孢子，但在菌丝中可见膨大细胞。膨大细胞球形或卵形，单个或成串，顶生或间生，壁薄，透明，直径 6—12(—14)微米。大型分生孢子近镰刀形、纺锤形、披针形、稍弯、两端稍窄细，顶细胞末端稍尖或略钝，脚胞有或无，大多数 3—5 隔，极少数 1—2 隔或 6—7(—9)隔，单个孢子无色，聚集时呈浅粉红色。

大型孢子　3 隔 28—40×4—5(2.5—47×3.3—6)微米；
5 隔 30—55×4—5.5(28—60×3.3—6)微米；
6—7 隔 45—60×4.5—6(40—70×4—6.5)微米。

有些菌株在米饭或马铃薯块上形成子座带淡红、黄、绿色或它们相间的颜色，菌核呈深浅不同的紫红色、暗紫红色或鲜明玫瑰色。本种无小型分生孢子，一般无厚垣孢子，如有也极少，间生。

子囊阶段属果子囊菌的赤霉属（*Gibberella*），子囊壳散生或聚集，在病害植物组织如小麦穗颖间最多，卵圆形或圆形，深蓝至黑紫色，量度 150—120×100—230 微米，粗糙或光滑，顶部有突起或平的孔口，壳壁稍厚。子囊棍棒状，无色 50—70×10—12 微米（变化幅度 37—80×8—15 微米）。内有子囊孢子 8 个，单行或不规则双行排列，子囊孢子纺锤形，向两端窄细或钝圆锥状，稍弯，具 1—3(—4)隔，通常多为 3 隔，20—25×3—3.7 微米（变化幅度 14—30×2.5—4.2 微米）。有人在天然培养基（如麦穗）上培养后曝露在

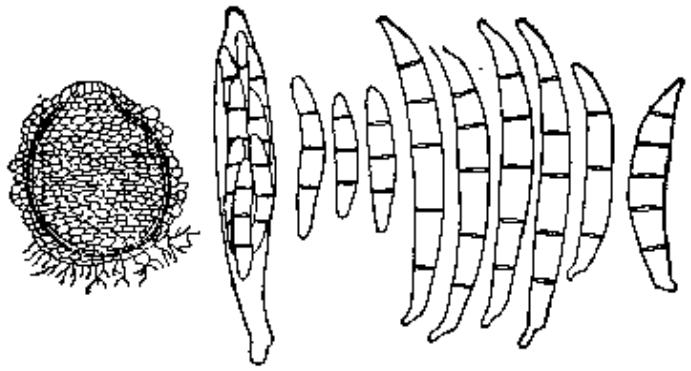


图 172　禾谷镰刀菌(在小麦上)子囊壳，子囊、子囊孢子以及分生孢子

室外阳光下诱发生长子囊壳(图 172)。

本种与其它几种镰刀菌都能引起小麦赤霉病，还可引起玉蜀黍、鹅观草、水稻、高粱等及油菜、芝麻、棉、麻、豆类、茭白等根腐、茎基腐、穗腐病，兼性寄生在这些植物的组织中，也可在土壤中分离到它。

此菌遍布全国各地、尤以江苏、浙江、湖北、安徽、黑龙江等省分布最广。

梨孢镰刀菌〔*Fusarium poae*(Peck.) Wr.〕

异名：(*Fusarium sporotrichioides* Sherb.)

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂上气生菌丝生长良好，蛛丝状、丝状有时带粉状，高可达 7—8 毫米，苍白—玫瑰色、浅粉红色—洋红色、洋红赭色，反面呈深浅不同的洋红色或浅紫洋红色。菌丝分枝，有隔，透明，直径 1.5—3(—5)微米，菌丝及分生孢子梗的分枝常对生及轮生。小型分生孢子通常假头状着生，有时短链状，分生孢子脱落后使菌丝层撒铺为细粉状。小型分生孢子球形、梨形、柠檬形、倒卵形占优势，还有椭圆形、纺锤形、窄瓜子形的小型分生孢子。0—1 隔，透明，光滑。球形孢子直径 4—8 微米，其它形状的小孢子无隔 8—10×3—6(5—12×2.5—8)微米。

1 隔 12—20×3—6.5 (9—26×2.5—9)微米。大型分生孢子镰刀形、披针形、纺锤形、椭圆形弯曲或近直。脚孢不明显，少数有具乳头状突起的脚孢，2—5 隔，光滑，透明。

2 隔 15—30×2.5—5 微米；

3 隔 19—30(—35)×3.5—5(—5.5)微米；

5 隔 30—36(—40)×4—5.2(—6)微米。

厚垣孢子矩圆—椭圆或拟椭圆形，多数间生，少数顶生、单生或数个成串，或结节状，赭黄色(图173)。

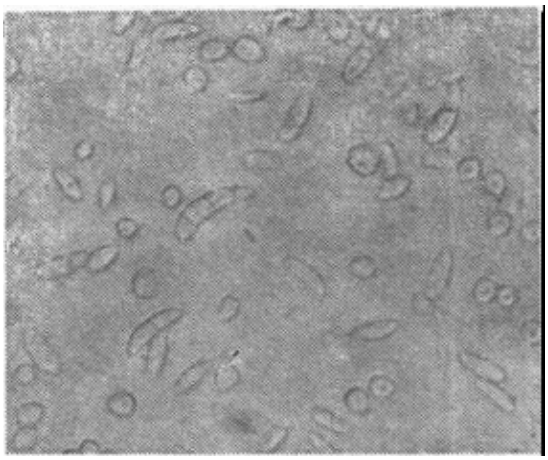


图 173　梨孢镰刀菌的大、小型分生孢子

在米饭及土豆块上的子座黄橄榄色、浅紫色、橙肉桂色、洋红—紫色、赭黄色。菌核有或无，如有则呈紫色。本种的有性阶段未知。

本种可以引起人的食物中毒症或动物的饲料中毒症。

在河北省百花山土壤中曾分离出此菌，在我国有报道在燕麦、甜瓜、玉蜀黍、小麦等上有分布。

茄病镰刀菌〔*Fusarium solani* (Mart.) App. et Wr. *emend*. Snyd. et Hans.〕

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂上气生菌丝生长良好，棉絮状，低平，或蛛丝状，稍高，在试管壁上常有编结成菌丝绳的趋势，白色、苍白—浅紫色、苍白—浅赭色、苍白—浅黄色、反面浅赭色、浅赭—暗蓝色、浅黄奶油色。气生菌丝的粘孢团有或无，如有则呈白、褐、黄、蓝、绿或它们相间的颜色。小型分生孢子假头状着生，椭圆形、卵圆形、长椭圆形、短腊肠形、逗点形，0—1 隔，透明，光滑。4—15×3—5 微米(变化幅度 3—19×2—6 微米)，大型分生孢子近镰刀形、纺锤—镰刀形、纺锤—披针、纺锤—柱形、稍弯，极个别菌株有双曲线弯曲的大型孢子，在很大距离的长度上直径相等，顶端细胞短，稍窄细或变钝，脚孢有或无。大型分生孢子壁显著厚，2—5(—7)隔，以 3 隔居多。

3 隔 17—44(—52)×4—5(—7)微米；

4—5 隔 35—55(—60)×4.5—5.5(—7)微米；

6—7 隔 45—65(—70)×5—6.5(—7.2)微米。

厚垣孢子在察氏培养基、土豆块培养基及酸性马铃薯琼脂上

产生，顶生或间生，单细胞或双细胞，在较少数的菌株则呈短链或结节状，表面光滑或小疣状突起，浅黄赭色，或无色，单细胞的厚垣孢子通常圆形或椭圆形，直径约 7—14(—16)微米(图 174)。

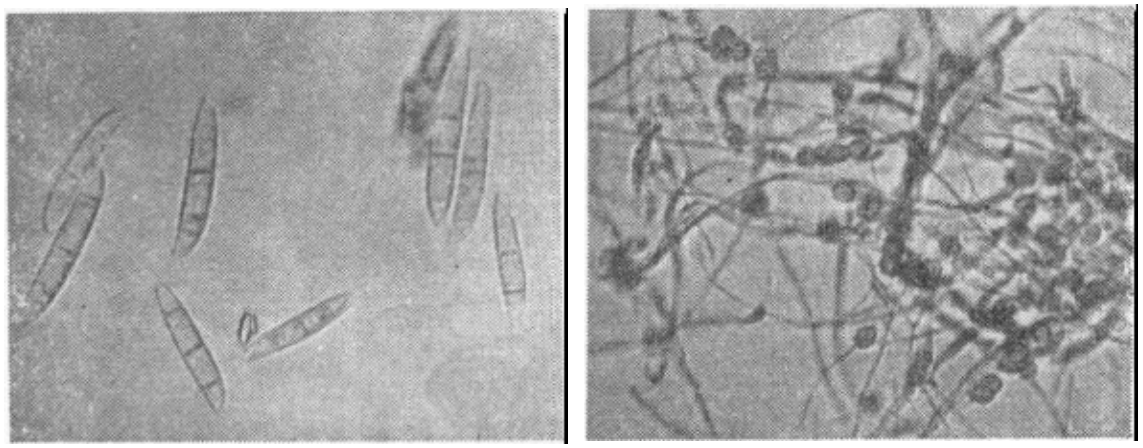


图 174　茄病镰刀菌

左：大型分生孢子　　右：厚垣孢子

在米饭及马铃薯块上的子座白色、微白—赭色、奶油黄色、微灰—玫瑰—浅紫色、暗蓝色、紫色、浅紫—肉桂色、赭—肉桂色。菌核有或无。本种的许多菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂上长期移殖传代时大型分生孢子消失，小型分生孢子数量也大大减少。

子囊阶段属果子囊菌纲的隐壳霉属〔*Hypomyces* (Fr.) Tul.〕现将红壳隐赤霉(*Hypomyces haematococcus* Berk. et Br.)的形态描述于下作为本种有性阶段的代表：

子囊壳散生或聚集，鳞茎状，外观鳞片状，红色，带浅色的小突起，0.4×0.33(0.3—0.6×0.25—0.4)毫米，子囊有 8 个孢子，成双行或单行排列。子囊孢子卵形，壁微具条纹，13.4—13.8×5.7—5.8(9—12×4.5—8.5)微米，浅色至褐色。

茄病镰刀菌蚕豆型(*Fusarium solani* f. fabae)与尖孢镰刀菌蚕豆型(*Fusarium oxysporum* f. fabae)可引起蚕豆枯萎病。本菌还可造成许多栽培作物、林木幼苗及蔬菜的根腐、茎基腐。近年日本有报道用本菌处理含氰化合物的工厂污水。

可从罹病的根、茎、果实、种子及土壤中分离到此菌。

尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum* Sahl. *emend*. Snyd. et Hansen)

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂上气生菌丝生长良好，棉絮状或蛛丝状，高可达 7—8 毫米或稍低矮或呈膜状，通常白色、苍白—玫瑰色、浅奶油黄色、浅玫瑰—赤红色、浅紫或苍白—浅紫色。反面无色、浅赭色或微灰—浅紫色、浅赭—玫瑰色。气生菌丝有或无编结成绳状的趋势。在气生菌丝上的粘孢团有或无。粘孢团无色或浅玫瑰、赭、蓝色。菌核有或无，如有则为绿至蓝黑色或它色。直径约 0.5—0.6 毫米。气生菌丝有隔，分枝，透明，直径 1.5—3(—5)微米，小型分生孢子生于气生菌丝中，头状着生，或生于粘孢团中。小型分生孢子形状可以是椭圆形、纺锤—椭圆形、近柱形、窄腊肠形、逗点形、拟肾形、卵形，具 0—1 隔，透明，光滑，6—14×2—3(4—18×1.8—3.5)微米。大型分生孢子纺锤形、镰刀形、椭圆形弯曲、顶端细胞较长、逐渐窄细、稍尖、很尖、或稍窄钝，脚孢有或无。孢壁薄，有(1—)3—5 隔，有的多达 7 个隔(图 175)。

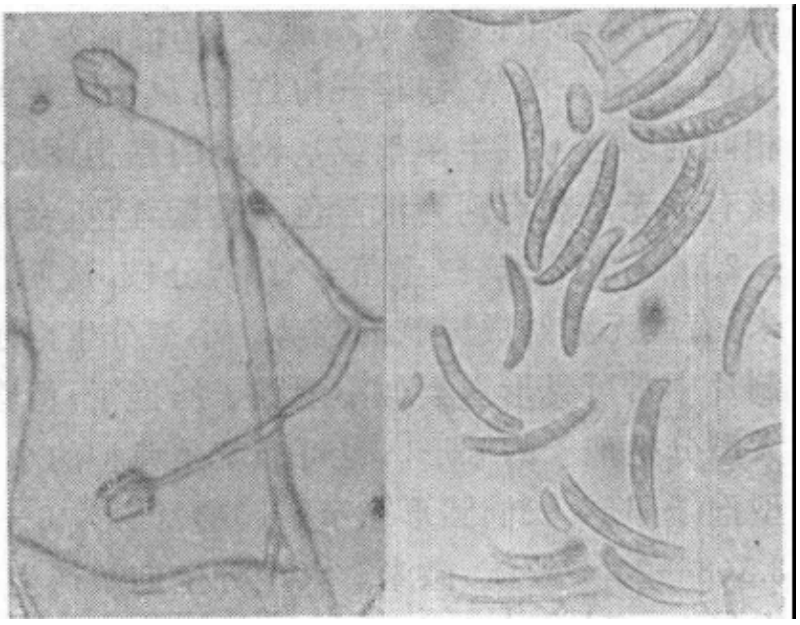


图 175　尖孢镰刀菌

左：小型分生孢子，头状着生　右：粘孢团中的大型分生孢子及小型分生孢子

3 隔 23—45×2.5—3.5(16—50×2—4.5)微米；

5 隔 30—40×3—4(22—55×2.2—4.8)微米；

6—7 隔 50—55×3—4(45—60×4.8)微米。

菌丝中的厚垣孢子顶生或间生，单细胞或双细胞，光滑或粗糙

或有疣状突起，单细胞的厚垣孢子圆形或矩圆形，直径约5—13(—16)微米。

在马铃薯块及米饭培养基上的子座为白色、黄色、浅玫瑰、浅紫色。有些种在米饭培养基上有椰子味或芳香气味。

本种子囊阶段未知。

本种可引起栽培作物及林木幼苗维管束系统的病害造成萎蔫、根腐及茎基腐。有较强的纤维素酶及果胶酶。

可从罹病植物组织中或土壤中分离到。

燕麦镰刀菌〔*Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc.〕

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂上气生菌丝生长繁茂，高可达7—8毫米，有些菌株较低平1—3毫米，松散，蛛丝状，菌丝层表面覆盖细粉(为其分生孢子)或粘液层(粘孢团)。气生菌丝通常白色、浅红色、苍白一浅紫、浅赭一粉红色，反面无色或浅黄、赭、红、紫或其相间的颜色。气生菌丝或基物上的粘孢团无色或浅黄、红色。菌核有或无，如有则为深蓝色或暗紫红色，金黄色或白色。直径0.2-2.5(—3)毫米。气生菌丝有隔，分枝，透明，直径2—3.5(—6)微米，有或无编结成绳状的趋势。小型分生孢子基本上不产生，但在制片中常可见形态类似小型孢子的孢子，但数量很少，可能是属于大型分生孢子的雏形，也可能就是典型的小型分生孢子。这些小型孢子卵形、长椭圆形或窄腊肠形、锥形，0—1隔，10—14×2.5—3.5(8—24×2—4)微米。大型分生孢子产生在气生菌丝的短爪状突起上，成簇，在产生孢子时常可见伴随形成菌丝环套圈，或生于粘孢团中(图176上)，镰刀形、纺锤形、披针形、蠕虫形，窄瘦或较宽，壁薄，中央部分几乎圆柱形或不同程度弯曲。顶端细胞异常狭细面呈线状，很长，平均长度可达12—21微米，或逐渐窄细而压缩，脚孢有或无，3—5(7)隔(图176下)。

3隔 20—50(56)×2—3.8(4.2)微米；

4隔 26—55(59)×2.5—4(5.2)微米；

6—7隔 50—64(71)×3.8—4.2(5.5)微米。

本种无或有厚垣孢子。在马铃薯块和米饭培养基上的子座大

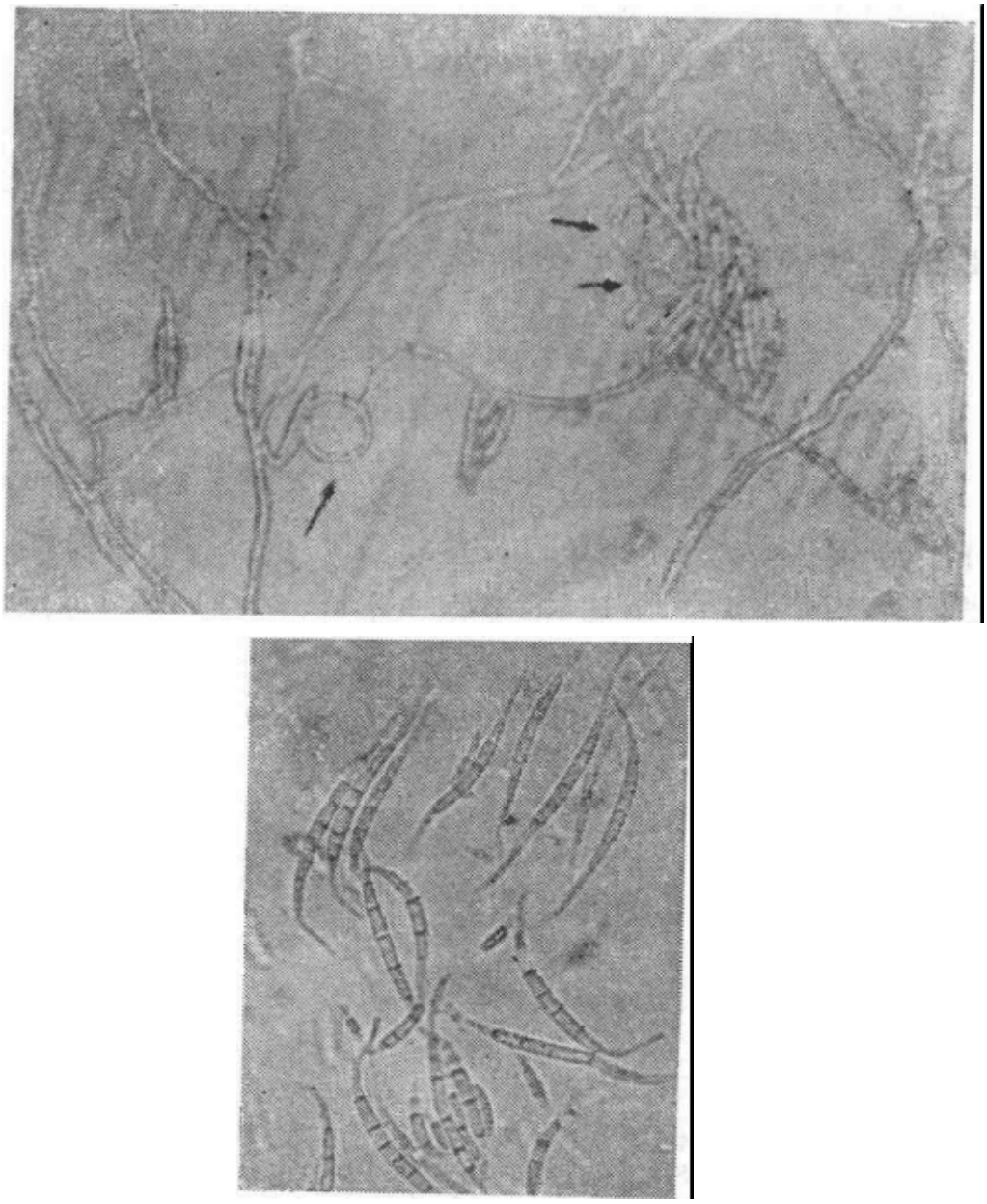


图 176　燕麦镰刀菌

上：菌丝上形成大型孢子（箭头所示为形成孢子的菌丝环套圈）　下：在粘孢团中的大型分生孢子

多数为黄色、黄—橄榄色、橙—肉桂色、白色、洋红色或浅赭色。本种有性阶段未知。

本种造成许多栽培作物、林木幼苗及蔬菜根腐、茎基腐病害。还可产生抗生物质对结核杆菌有一定的拮抗作用。

遍布全国各地，从罹病的植物组织或土壤中都可分离到它。

漆斑菌属(*Myrothecium* Tode)

此属菌的特征是菌丝及分生孢子梗联合成分生孢子座。它的分生孢子层呈盾状或垫状，黑色，其边缘环绕以无色菌丝。分生孢子梗较短，杆状。分生孢子较小，卵形或柱形。

疣孢漆斑菌〔*Myrothecium verrucaria* (Albertini & Schweinitz) Ditmar〕

此菌在滤纸上的菌落为白色。菌丛中有暗的褐绿色到绿黑色的分生孢子团块。分生孢子梗长达75微米，光滑，直立，分隔，上部有类似青霉的帚状枝，紧密并列，因而形成分生孢子层，绿黑色。分生孢子直接由指状的小梗生出，成链。分生孢子链彼此胶粘成团。孢子长卵形，光滑，淡绿褐色到绿黑色，6—9.5×1.5—4 微米(图177)。

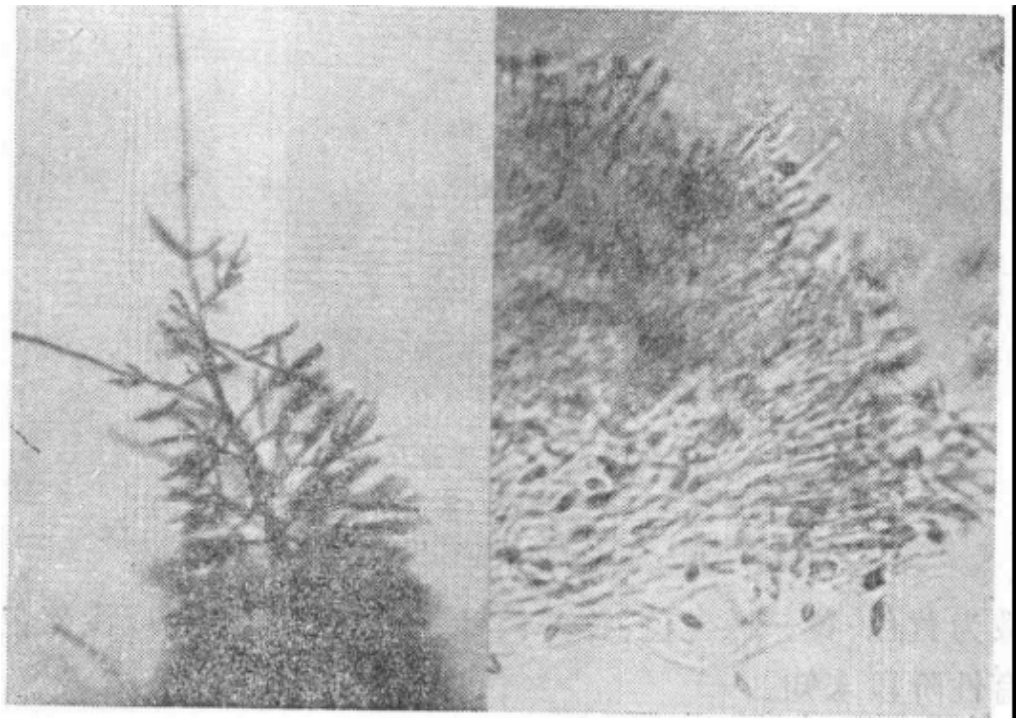


图 177　疣孢漆斑菌

左：分生孢子梗上生类似青霉的帚状枝　右：分生孢子梗紧密并列成垫状

此菌能产生纤维素酶、胶霉毒 (Gliotoxin)。它还可作为抗霉腐试验用菌。

绿僵菌属(*Metarrizium* Sorokin)

本属真菌多分布于热带、亚热带地区，寄生在鞘翅目、同翅目等昆虫的幼虫或成虫上，寄主范围相当广。罹病僵死的虫体覆盖绿色的孢子，因而称绿僵病。文献报道本属有 6 种，有些种可能是异名，至少有 2 个种是确定的。模式种为金龟子绿僵菌(*Metarrizium anisopliae*)。

本属真菌形态上近于漆斑霉属，不同之处为具有串生的分生孢子。菌落扩展较慢，绒毛状至棉絮状，最初白色，产孢子时橄榄绿色。在僵死的虫体上分生孢子梗直，单枝或分枝，松或紧聚集，形成分生孢子座，在培养时分生孢子座不明显或无，此种情况下分生孢子梗通常单生。瓶状小梗(产孢细胞)单生、对生或轮生于分生孢子梗的末端。小梗着生散枝状或彼此靠拢，以向基式连续形成很长串链的分生孢子。分生孢子单细胞，圆柱形，两端钝圆，亮色至深绿色，成团时橄榄绿色，有些种可有分生孢梗束或子座。

金龟子绿僵菌〔*Metarrizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin〕

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂或察氏培养基上的菌落绒毛状至棉絮状，最初白色，产孢子时橄榄绿色。在老的培养中分生孢子链常粘聚成壳状铺在菌落表面。菌丝有隔，分枝，透明，直径 1.5—2 微米。分生孢子梗常常与菌丝很难区别，直径约 2 微米，在其末端产生瓶形小梗 8—16(—25)×1.5—2(—2.2) 微米。从瓶状小梗的末端以向基式连续形成长串链的分生孢子。分生孢子单细胞，长椭圆形至短柱形，两端钝圆，大小变化甚大，5—7 (—14)×2—3 (—4.5) 微米。

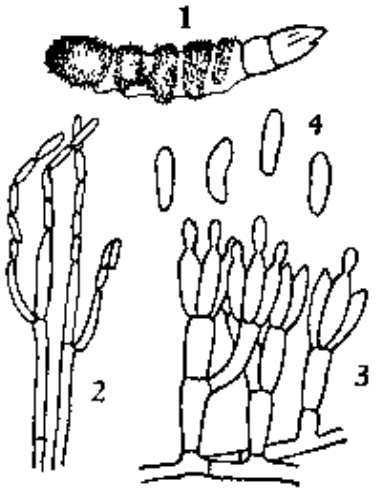


图 178　绿僵菌

1. 僵死虫体　2. 分生孢梗与串生分生孢子　3. 分生孢梗　4. 分生孢子

分生孢子单个时亮色，成堆时橄榄绿色，脱落的孢子常聚成菱形孢子团块或壳状结构(图 178)。

此菌培养的最适温度 21—26℃，最适 pH 值6.9—7.2，对碳源无特殊要求，有机氮比无机氮对本菌生长较为有利，阳光对孢子形成有缓阻作用，孢子在干燥条件下可存活 3 年或更长的时间。

本菌可用于防治甘蔗金龟子、玉蜀黍钻心虫等害虫，在气候条件合适时可以收到良好的生物防治效果。

黑盘孢目(Melanconiales)

黑盘孢科(Melanconiaceae)

毛盘孢属(*Colletotrichum* Cda.)

毛盘孢属和盘圆孢属(*Gloeosporium* Desm.& Mont.)在亲缘上有密切的联系，可视为是一个大属而人为地按刚毛的有无而划分为两个属，即凡孢子堆中有刚毛的为毛盘孢属 (*Colletotrichum* Cda.)，无刚毛的为盘圆孢属(*Glocosporium* Desm. & Mont.)。它们就是造成禾本科、果树、蔬菜及经济植物的炭疽病的真菌，危害燕麦、雀麦、葡萄、橙、柑橘、苹果、香蕉、豌豆、菜豆、甘蓝、瓜类、甜菜、茶、烟草、甘蔗等引起植物罹病组织迅速坏死形成炭疽病。除了造成植物病害之外，它们还有无可利用的一面现时还了解不多。但至少有些种可用于生物防治，如在我国山东地区成功地利用鲁保 1 号防治寄生在大豆的兔丝子(*Cuscuta chinensis* Lamb.)收到良好的防治效果。此外，有报道橄榄盘圆孢(*Glocosporium olivarum*)产生抑制细菌和真菌的抗生素；还有报道一种毛盘孢产生类似赤霉素的活性物质。

毛盘孢及盘圆孢的种在以前往往主要按它的寄生性（寄主的种）加上微小而不稳定的形态差别而定种的，然而这种窄小种的观念自本世纪初以来即受到许多从事这类菌的分类者的否认和批判。许多研究者证明这类菌的寄主范围可以很广，如柑橘炭疽病毛

盘孢（*Colletotrichum gloeosporioides*）可自 45 种不同的寄主分离到，而且它的分生孢子、刚毛及附足的形态及量度可以变化很大。烟草毛盘孢（*Colletotrichum nicotianae*）可自被子植物的 9 科 23 种寄主分离到。有人认为盘圆孢属实际上是一个混杂的属，这个属的模式种 G. Castagnei 就不是盘圆孢，通过比较形态学的研究证明孢子堆刚毛的有无也是不确定的性状，因此有人把盘圆孢属作为刚毛盘孢的异名，而整个毛盘孢才包括 11 个种及若干专化型。

这两属在真菌分类系统中虽然列于半知菌类，但有些种已知其有性阶段为子囊菌的小丛壳属（*Glomerella* Schrenk & Spaulding）和 *Pezicula* Tul. 这两属菌在分类鉴定时的分种性状是孢子堆、刚毛、分生孢子及附足的形态、量度。同时，值得强调的即这两属菌的寄生专化性，必须对广泛的不同种甚至不同科的寄主进行交互接种及自然感染的考察才能作出结论。这两属菌一般在人工培养基上培养时菌落容易产生黑色部分，这是由于出现分生孢子盘及大量带有较深色素的附足的缘故。构成分生孢子盘的小梗以向基式连续形成大量分生孢子，呈粉红褐色，粉红或浅橄榄褐色，并以粘汁粘成粘孢团。

从罹病植株的炭疽病斑及种籽上容易分离到它们，有时在土壤中也可以分离到。

葫芦毛盘孢〔*Colletotrichum lagenarium* (Pass.) Ell. & Halst.〕

本菌造成葫芦科植物如西瓜、黄瓜、苦瓜、甜瓜、西葫芦等的叶蔓及果实腐烂，在病斑处长出的黑色小点是它的分生孢子盘。在马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上呈暗褐色，菌丝具有少量的同一颜色的气生菌丝，菌丝有隔，幼时透明，老时暗褐色，分生孢子盘暗色至黑色，大小不一，刚毛褐色，长 90—120 微米，毛壁相当厚，有 2—3 个横隔，分生孢子自分生孢子梗顶端生出，聚成粉红色的粘团，分生孢子透明，无隔，圆形至长卵形，12—19×4—6 微米，萌发

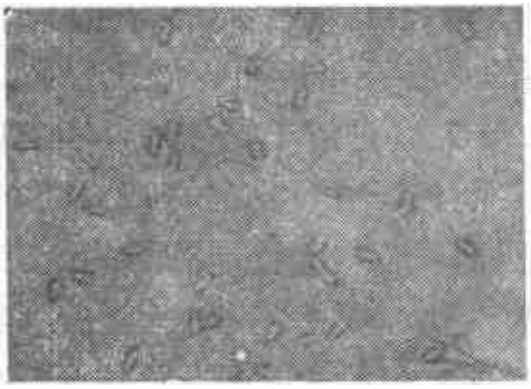


图 179　葫芦毛盘孢的孢子

时在试管壁上产生暗色厚壁圆形的附足。有人用人工培养基培养此菌以紫外光照射得到它的有性阶段属于围小丛壳〔*Glomerella cingulata* (Stonem.) Spauld. et v. Sch.〕，有人把葫芦炭疽病毛盘孢作为围小丛壳的一个专化型（图 179）。

柑橘炭疽病毛盘孢(*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.)

〔有性阶段：围小丛壳 ***Glomerella cingulata*** **(Stonem.) Spauld. et v. Sch.**〕

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂上初期白色的气生菌丝，很快塌陷，形成大量鲑肉色分生孢子粘层并出现暗褐色的菌丝，在某些培养基上生出大量棕褐色至黑褐色的分生孢子盘，其上铺盖鲑肉色的粘孢层。培养基上生长的分生孢子盘单生或彼此联合。从中偶尔可见刚毛，宽 4—6 微米，长 60—100 微米，2—4 隔，暗褐色。分生孢子梗圆柱形中央往上部渐变细，15—25×4—5微米，无色或基部

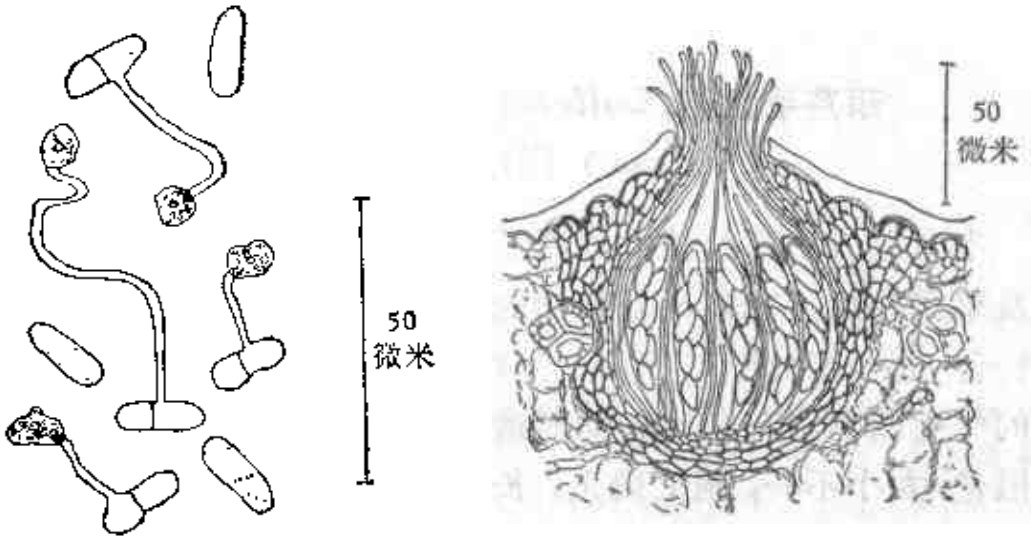


图 180　柑橘炭疽病毛盘孢

左：孢子萌发时上形成的附足　右：该菌有性阶段围小丛壳的子囊孢子

浅褐色，末端透明，分生孢子圆柱形至长卵形，两端钝圆或一端稍尖，无色，单胞或有一隔，12—18(—20)×4—5(—6)微米，附足棒槌形 8—10×5—8 微米，壁厚 0.5 微米，外表光滑，深褐色，有时见有较大的近鞋形附足，10—14×5—6 微米，壁厚 0.5 微米（图 180）。

本种寄主范围极广，多寄生在长江以南的柑橘类水果上。

寄生在大豆兔丝子上的鲁保 1 号可能是柑橘炭疽毛盘孢或它的一个专化型。

白杨盘圆孢(*Gloeosporium populi-albae* Desm.)

在马铃薯-葡萄糖琼脂上气生菌丝最初白色，然后转为暗褐色，在菌丝层上产生分生孢子盘，散生或彼此联合，其上铺盖粉红色粘孢层，分生孢子梗瓶状，基部粗 4—6 微米，往末端渐变细，长 12—18 微米，孢子近纺锤形或长椭圆形，直或稍弯，两端钝圆、无隔，12—16×3—4 微米，有 1—2 个油滴(图 181)。

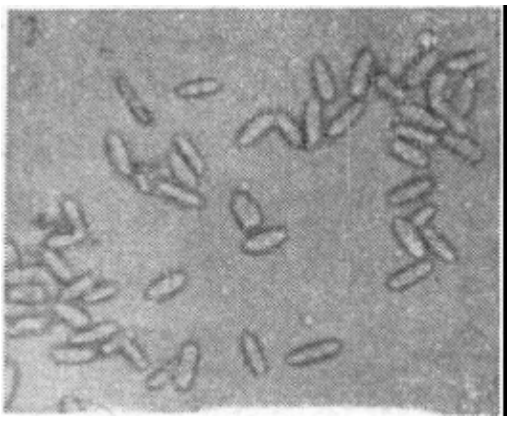


图 181　白杨盘圆孢的孢子

此菌在北京市危害白杨树造成落叶。

球壳孢目(Sphaeropsidales)

球壳孢科(Sphaeropsidaceae)

茎点霉属〔*Phoma*(Fr.)Desm.〕

茎点霉属的特征是分生了孢器球形、透镜形、锥形或瓶形，无喙或有喙，有孔口，膜质、革质或炭质，黑色，分生孢子器的壁由多层疏松菌丝交织而成。分生孢子梗短或几乎近于无，分枝或不分枝。分生孢子单生于梗的末端，具各种形态如椭圆形、卵形、针形、

简形、梨形、角形和肾形，单细胞，少数孢子有 1—3 隔，透明，通常有两个油球。此属大部分是植物病原菌，造成农作物的茎腐、枝枯，兼性寄生。此属有些种具有相当强的纤维素酶。

冬腐茎点霉(*Phoma hibernica* Grimes, O'Connor et Cummins)

在马铃薯-葡萄糖琼脂上最初生基底菌丝，随之很快生密集的分生孢子器，它的表面涂铺一层粉红色至鲑肉色的粘液(分生孢子粘团)，后期出现很少短而白色的气生菌丝。菌落中间生长黄褐色的分生孢子器，几乎排成轮纹状或不规则散生。分生孢子器球形、瓶形或透镜形，常具有 1—2(3)个孔口(由于多腔分生孢子器的形成所致)，器壁褐色，60—200×50—180(70—80×65—75)微米，分生孢子透明，成堆时粉红色，单细胞，椭圆形至短杆形，两端钝圆，5.3—7.6×2.5—4.2 微米，含两个油滴(图 182)。

该菌有使明胶液化的能力。

本种腐生，分布很广，到处都可分离到。

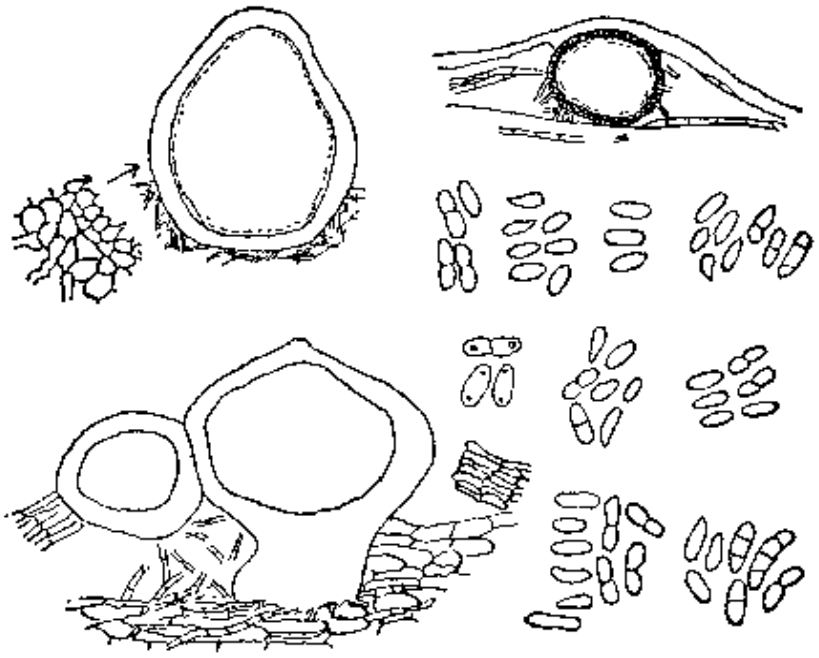


图 182　冬腐茎点霉各不同菌系的分生子器与分生孢子

茄生茎点霉(*Phoma solanicola* Prill. et Del.)

本种在马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上初期为白色棉絮状气生菌丝，5天后菌落中央出现灰色至橄榄灰色的气生菌丝，后期整个菌落灰褐至黑褐色并生长分生孢子器，扁球形至洋梨形，有孔口，黑褐色，130—150×120—130微米，其上铺粉红色的分生孢子粘团，分生孢子形成很迟。分生孢子椭圆形或短棒形，两端钝圆或一端略窄，无隔，有少数孢子有一隔，横隔处稍缢缩，6—7(—8.6)×3—4(—4.2)微米(图183)。

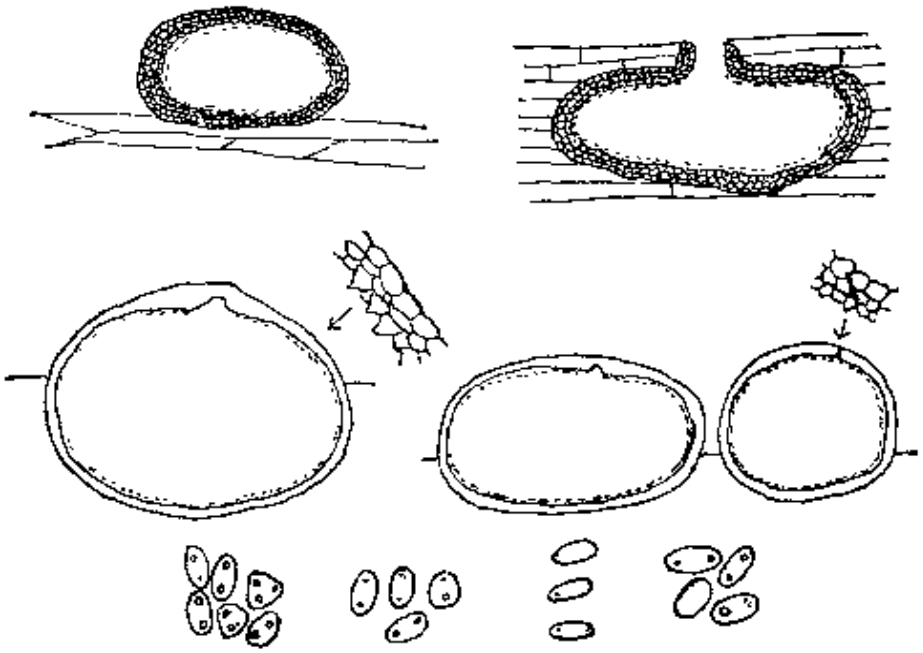


图183 茄生茎点霉各不同菌系的分生子器，器壁和器孢子

从茄茎基、穿心莲茎基及根部曾分离到此菌，本种寄生性较强，寄主范围也相当广。对茄、马铃薯、番茄、苹果、穿心莲及其它草本植物都可寄生。

无孢群(Mycelia sterilia)

丝核菌属(*Rhizoctonia* de Condolle)

本属真菌容易引起蔫萎及茎基腐，从罹病植株的根及茎基部

分离得到它。植物寄主范围很广包括松柏科、茄科、胡芦科、十字花科、豆科、锦葵科、禾本科等许多栽培作物，蔬菜及林木幼苗造成根腐及苗期的茎萎及茎基腐。豆类丝核菌（*Rhizoctonia leguminicola*）可引起人食物中毒症。据报道茄丝核菌（*Rhizoctonia solani* Kuehn）可产生类似赤霉素的活性物质。

丝核菌属的特征是菌核无一定的形状，常常彼此联合，较松，浅褐色、浅棕褐色至黑褐色，由大量桶形细胞的菌丝编结而成。菌核松散地分布在菌丝体中，而靠绳状菌丝相连结。菌丝蛛网状，有横隔，初期无色并多油点，老的菌丝呈浅色至黄褐色，呈锐角或几乎直角分枝，分枝与主枝相接处稍缢缩，其上常有一横隔。

此属有性阶段为薄膜霉属（*Pellicularia* Cooke），担子果平铺，松软，膜质，单层，担子近柱形，比菌丝直径稍宽，相当短，上生4个（有些种为8个）小梗，担孢子倒卵形，壁光滑或极少为粗糙或有刺，无色或浅棕色，囊状体有或无，各种形状。本菌兼性寄生或腐生。

茄丝核菌（*Rhizoctonia solani* Kuehn）

在马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上菌丝匍匐，蛛网状，生长迅速，

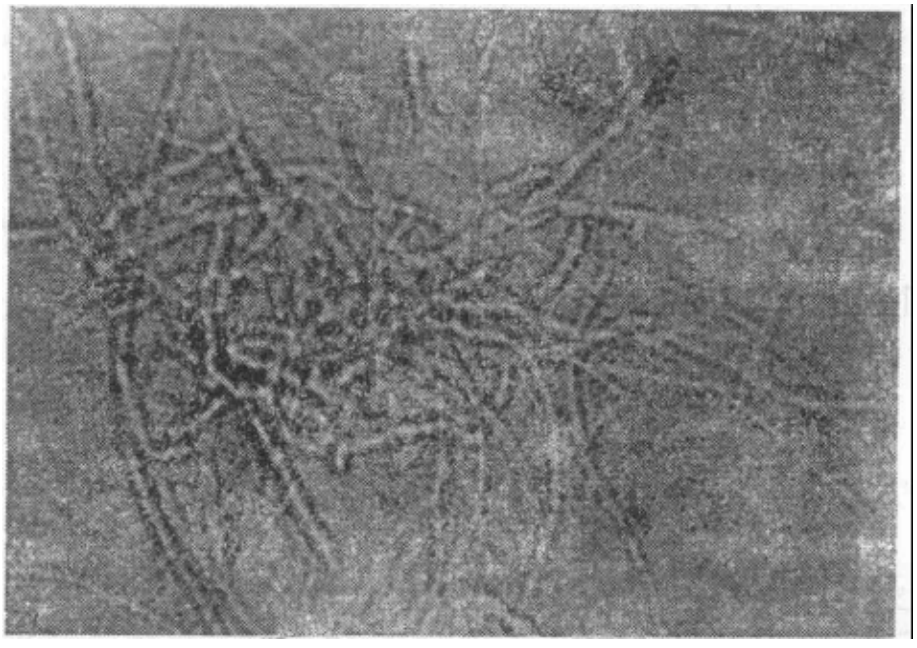


图184　茄丝核菌

有横隔，粗(5—)8—12微米，初期无色，老时浅褐至黄褐色，分枝处往往成直角，分枝基部略缢缩。老菌丝常呈一连串的桶形细胞，菌核即由桶形细胞菌丝交织而成，而靠绳状菌丝相联系，菌核无一定形状，常彼此联合形成片状或扁块状联合菌核，直径0.5—10毫米，浅褐色、浅棕褐至黑褐色，质地松(图184)。

曾有人将无性阶段属茄丝核菌的28个的不同菌株以水琼脂、植物茎及土壤诱发它的有性阶段，证明有性阶段分属于薄膜霉中的两个种即 *Pellicularia filamentosa*(Pat.) Rogers 和 *Pellicularia praticola* Kotila。

它们广布于全国各地，造成作物蔬菜和林木幼苗根或茎基病害或腐生于土壤及有机残体中。

三、怎样认识真菌

这里重点列举一般丝状真菌和酵母菌的鉴定法。当一个真菌要进行鉴别种时，首先使这个菌株应成为纯培养(方法见附录)，然后根据它是丝状真菌或酵母菌，按下述常规程序进行培养、观察、记载或描述，并依据观测的特征而推断它应归隶的属种。

(一)丝状真菌的培养和鉴定方法

Ⅰ. 点植培养法

丝状真菌的群体形态，即菌落的特征，是鉴别它们时一项较重要的依据。为便于观察，通常采用平板培养，种植一个或几个(一般三个)菌落，经培养后，观察其生长的速度和菌落的特点。再者，某一株菌的菌落外观和孢子的形成或生长速度，因为培养基的成分不同也有差异，所以作鉴别培养时常需固定一种或几种培养基，一般多采用察氏、麦芽汁或马铃薯等固体培养基。方法如下：

①取含有 12—15 毫升已灭菌的上述培养基的试管，将固体培养基熔化后，放入 45℃ 水浴中保温备用。

②将上述经过熔化冷却至 45℃ 左右的试管中的培养基，以无菌操作，倾注于一个直径 9—10 厘米的无菌培养皿中，(12—15 毫升培养基注入这样大小培养皿中，即能得到适当的厚度)凝固后即谓平板。

③将接种针经火焰灭菌并待冷却后，从斜面上蘸极少量孢子，点植于平板上适当的位置，例如成三角形的三点。

④将培养皿倒置并放于恒温箱中在一定温度下培养 4、7、10 天，观察菌落的特征。

Ⅱ.载片培养法

对于产生极小而易碎的孢子梗的真菌，用显微镜观察时，制备成较完整而又清楚的载片标本，有一定困难。为此可采用载片培养法。此法不仅能解决制片的困难，而且对菌丝分枝和子实体着生状态的观察，也可以得到较满意的效果。

按图185所示，取直径约7厘米的圆形滤纸一张，铺于一个直径9厘米的培养皿底部，并放一U形玻棒于滤纸上，其上平放一洁净的载片，盖好培养皿后灭菌。取10毫升固体培养基，注入另一培养皿中，使凝成薄层，用解剖刀无菌地把琼脂切成1厘米见方，并将此方片移置载片中央，用接种针将孢子悬液接种在琼脂的四侧，然后将已灭菌的盖玻片覆盖在琼脂片上。为防止在培养过程中琼脂干燥，可将滤纸上加注2—3毫升无菌的20%甘油液。如此，即成为湿室载片培养，这样的载片培养，可以在培养不同时间后取出，直接用低倍显微镜观察。

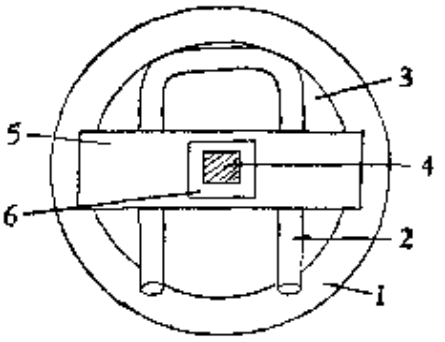


图185 载片培养示意图
1.培养皿 2.U形玻棒
3.滤纸 4.固体培养基
5.载玻片 6.盖玻片

Ⅲ.观察和记载

(I)肉眼和低倍镜下所见的形态和特征

所谓肉眼可见的形态，是指在观察时主要用肉眼，必要时借助放大镜或解剖镜。通常曲霉、青霉等采用察氏和麦芽汁等琼脂，毛霉采用综合毛霉琼脂和马铃薯琼脂，其他真菌采用察氏和马铃薯等琼脂来培养，而医学上的病原真菌在萨氏(Sabouraud)培养基上

的形态被认为是标准的培养。要观察的真菌，经一定条件培养的菌落，按以下事项观察和记录。

（1）生长或发育的速度：培养一定天数后，测量菌落的直径，描述时常以生长极慢，慢，中等，快等来加以说明。

（2）菌落的颜色：表面（包括子实体、气生菌丝、菌核等）和底部菌丝的颜色及其变化。菌落背面的颜色及其变化等。

（3）菌落的表面：平滑或有皱纹，致密或疏松，有无同心环或辐射状沟纹。菌落的全部，中心部分，中间部分以及边缘部分等形态分别记载。

（4）菌落的质地：指菌落的外观似毡状、绒毛状、棉絮状、羊毛状、束状、粉粒状、明胶状或皮革状等类型。

（5）菌落的边缘：全缘、锯齿状、树枝状、纤毛状等。

（6）菌落的高度：菌落扁平，丘状隆起，陷没，或菌落中心部分凸起或凹陷。

（7）培养基颜色的变化：颜色的变化仅限于菌丝体所覆盖的部分，或扩大到其他部分。

（8）渗出物：有些真菌如青霉，常常在菌落表面出现带颜色的液滴。在观察时注意有无此现象，其数量和色调等。

（9）气味：许多真菌在培养中有霉味、土气味、芳香味等，当然也有无味者。

(II)显微镜下孢子或子实体结构的形态

由载片培养可直接观察子实体着生状态或孢子头的大致情况。如观察各器官的细节或测量其大小时，可采用乳酸苯酚液制成临时性的载片标本。方法是：①将洁净的载片中央滴一滴乳酸苯酚液。②用解剖针或接种针从培养皿或试管的菌落上，挑取少许菌体，置载片的液滴中，并将菌丝体挑开，勿使成团。③加盖盖玻片即得临时性载片标本。在观察时注意以下各项特征。

（1）菌丝：气生菌丝和底部菌丝的宽度，有无横隔，色泽，特殊

的菌丝器官(假根、足细胞、结节或隆起等)的特征,有无菌丝索,有无锁状联合等。

(2) 子实体的形态:成熟后子实体如孢子囊、子囊壳、子囊、担子果等等的颜色,形状,大小,结构等。

(3) 孢子:无性孢子如孢囊孢子、分生孢子、芽孢子、节孢子、厚垣孢子等;有性孢子为卵孢子、接合孢子、子囊孢子、担孢子等。它们的形状,颜色,表面的特征(如纹饰或突起等),孢子有无分隔(由单细胞还是多细胞构成),孢子萌发的类型(单极出芽、两极出芽或多极出芽等)。

Ⅳ.生理特征

此处所谈的生理特征是指不同真菌在培养时,对外界条件,如温度、培养基成分等的反应。

(1) 温度:不同类别的真菌,生长时对温度的反应有的比较灵敏,例如蜡叶枝孢霉于-6°C冷藏的肉食上可生长;烟曲霉能在50°C生长;毛壳菌个别种甚至在62°C能生长;好食链孢霉生长最低温度为4°C,最适为36°C,最高为44°C;德氏腐霉生长最低、最适、最高温度分别为1°C,24—28°C,36°C,而猝倒病腐霉分别为12°C,28—36°C,41°C。就最适温度来说,青霉一般为20—25°C,而曲霉大都为28—30°C。由于真菌生长所需要的温度多有差异,所以有人将对温度的反应,也作为分类的性状,特别是种群的性状,或生理小种的性状。例如有人将根霉分为低温菌群、中温菌群、高温菌群等。有性根霉、匍枝根霉属于低温群,米根霉属于中温群,华根霉属于高温群。由以上例子说明,作温度试验,对鉴别真菌是重要的,而且方法也不难,只要有几个不同温度的温箱,便能解决问题。

(2) 对氮源的利用:丝状真菌生长时需要多种物质,如水分、氧气、氮、钾、磷、硫、镁、铁等,除这些物质外某些真菌还需要维生素。然而鉴别真菌时,多观察它们对碳源、氮源的利用情况,如发

酵或同化某些糖类，是鉴定酵母菌很重要的生理性状(详见下节)。就丝状真菌而言，根据能否利用硝态氮、亚硝态氮、铵态氮或有机氮等，有人也列为其生理性状。如在黑曲霉群中根据能否同化亚硝酸盐来作区分种的辅助性状。所以在观察一种真菌的特性时，也有必要进行不同氮源的比较试验。方法很简单，把观测的菌种，分别培养在含有不同的含氮化合物的培养基中，看它能否生长就可以了。

(二) 酵母菌的鉴定方法

要确切地鉴定一株酵母，在形态和生理方面需要做很多试验，但这些试验在分类上也有主次，并非是同等重要的。首先应依据形态特性，如根据其是否有有性过程，能否形成子囊孢子或掷孢子、冬孢子、担孢子而把酵母分为几大类：有孢子酵母、无孢子酵母、掷孢酵母和冬孢酵母。并根据有孢子酵母所生孢子之形状、特点和数目，以及酵母之无性繁殖方式，如是否为裂殖或芽殖以及出芽之方式。此外应注意真菌丝和假菌丝的种种情况而决定此酵母应为那一科、属。所以形态和生理相比，形态还是主要依据，但酵母形态比较简单，缺乏明确分化的器官，所以其分类只依靠形态显然是很不够的，要进一步区分属以下的种时主要应依靠生理特性，在生理特性中又以糖的发酵和同化为最重要。在氮源方面是否同化硝酸盐这一点在娄德之系统中提得很高，甚至作为分属的依据，因为此性状很稳定。而其他生理特性则只在区分某些属、种时有用。

至于酵母鉴定的具体方法日趋复杂化，娄德 1970 年所引用的方法与 1952 年相比，虽然基本上相同，但比 1952 年增加了几项生理测定。如酵母在无维生素的培养基上的生长情况，以及耐高温，耐高渗透压和分解尿素等试验。在利用碳源方面也增加了不少，共有 17 种糖，8 种醇类，3 种有机酸，还有可溶性淀粉，项目烦多，此处不一一介绍，主要以娄德 1952 年之方法为主，结合我国具体情况并在某些方面作了部分修改。现分形态和生理二部分分述如下：

I. 形 态 的 观 察

(I) 细胞的形态

在麦芽汁或葡萄糖-酵母汁-蛋白胨之液体或固体斜面上，25—28°C 培养三天，观察细胞形状、大小，测量其长与宽(约需测20个细胞)，记录各形状之百分率及增殖方式，是芽殖还是裂殖，如果是芽殖那就看它是一端芽殖、二端芽殖、三端芽殖或是多边芽殖(图 186)。

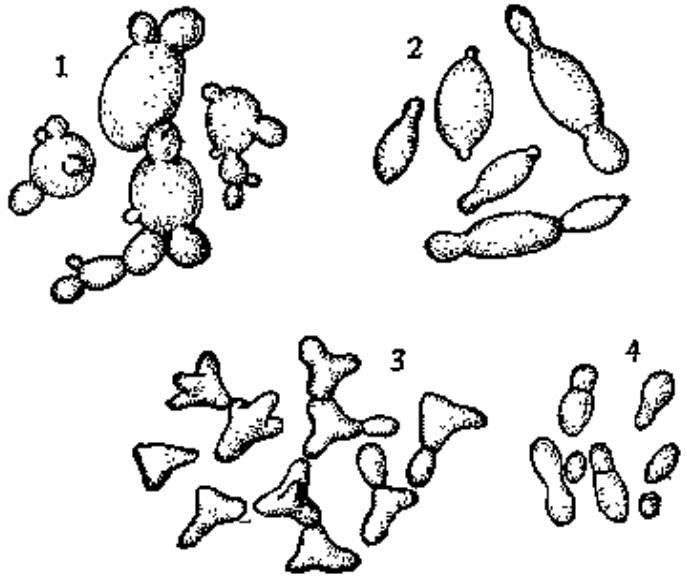


图 186 酵母的芽殖

1. 多边芽殖 2. 两端芽殖 3. 三边芽殖
4. 一端芽殖(半裂殖)

(II) 子囊孢子的形成和形态

以麦芽汁斜面上新培养之酵母菌体(培养 2—3 天)接种在麦氏(McClary)培养基或克氏(Kleyn)培养基上，培养一周后如不生孢子则改用石膏块，注意观察是否形成子囊孢子，子囊形成前是否经过细胞接合，孢子之形状和表面文饰，测量孢子大小，计算生孢子之百分率，并注意每一子囊内之孢子数，孢子接合与否，有否试

探枝等。

(III) 假菌丝的形成和形态

用平底培养皿倒一薄层马铃薯或玉米粉琼脂培养基，凝固后，倒置几小时使表面稍乾，用新培养之酵母菌体，在培养基表面，以划线法接种 2—3 条，每条上盖以无菌盖玻片(用 75% 乙醇浸泡的清洁盖玻片)，25—28°C 培养 4—5 天后观察。注意所划线之两旁是否形成假菌丝，或仅有原始型的短链或延长的细胞，如假菌丝很发达可进一步注意是那一种类型。

按照芽生孢子在假菌丝上排列的不同方式而分成五种类型：

(1) 菌丝圆酵母型 (Mycotorula)：围绕假菌丝细胞的顶端，芽生孢子密集成簇呈球形(图 187)。

(2) 类菌丝圆酵母型(Mycotoruloides)：芽生孢子排列为疏松的轮生分枝(图 188)。

(3) 假丝酵母型 (Candida)：在假菌丝细胞之末端，生出芽生

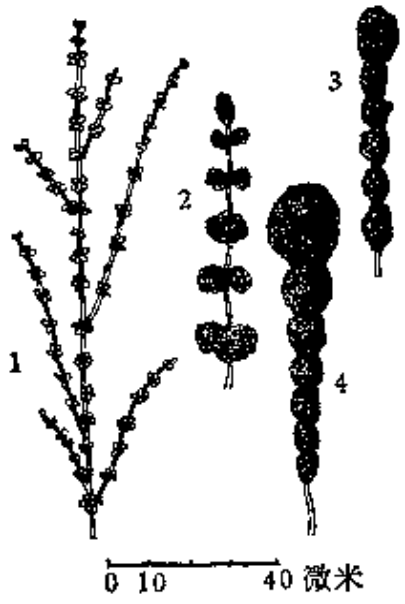


图 187 菌丝圆酵母型假菌丝
1—4. 轮生的芽生孢子逐渐增多而呈团状

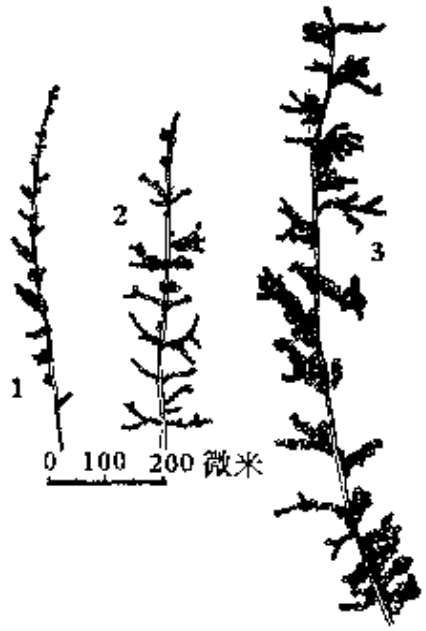


图 188 类菌丝圆酵母型假菌丝
1—3. 芽生孢子逐渐增多连续成链

孢子链(图 189)。

(4) 菌丝假丝酵母型 (Mycocandida)：有强度分枝的假菌丝，其芽生孢子为小轮生体，常常只有两个对称排列的芽生孢子（图 190)。

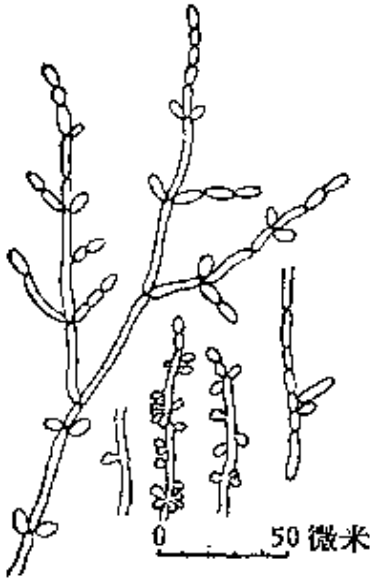


图 189 假丝酵母型假菌丝

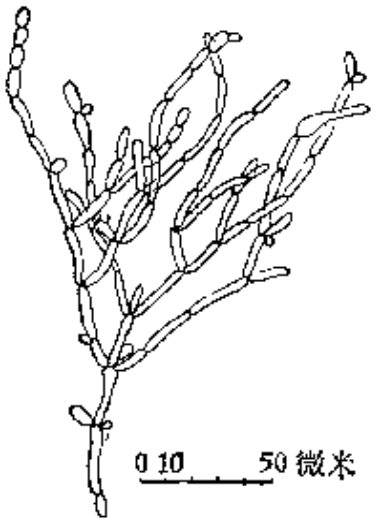


图 190 菌丝假丝酵母型假菌丝

(5) 芽枝酵母型(Blastodendrion)：有落滴形的芽生孢子，排列成青霉状(图 191)。

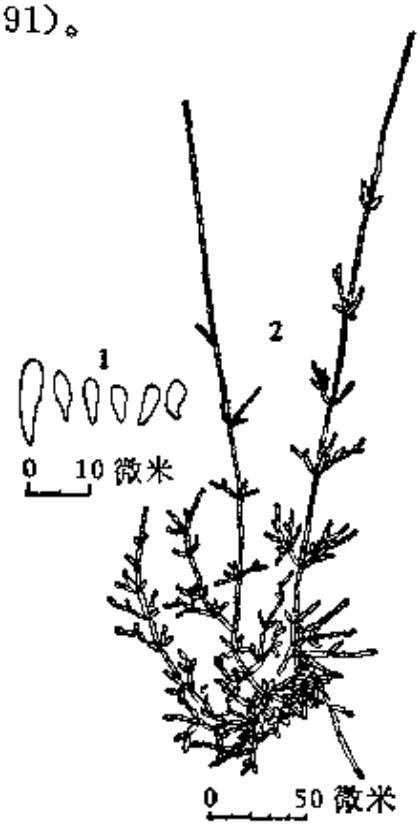


图 191 芽枝酵母型假菌丝

1. 落滴形芽生孢子
2. 发达的芽枝酵母型假菌丝

事实上，在实际观察时，在以上这些类型之间还常常有很多过渡的类型。

(IV) 掷孢子的形成和形态

酵母接种于麦芽汁斜面或培养皿中，于25—28°C 倒置培养 3 天至一星期后，观察其下方（即斜面相对之试管壁或培养皿的盖）是否形成与菌落形状相同之镜像，如能形成镜像则证明确有掷孢子掷出，注意观察掷孢子的形状、大小。

(V) 培 养 特 征

液体培养 在麦芽汁或葡萄糖-酵母汁-蛋白胨培养基中25—28°C 培养 3 天，注意是否发酵，培养液之清浊，是否形成醭、环或岛，沉淀之松紧。

固体培养 在麦芽汁或葡萄糖-酵母汁-蛋白胨琼脂培养基上25—28°C 培养 3 天，注意菌落之色泽，质地，表面是否有褶皱或平坦，边缘形状等。

II. 生 理 测 定

(I) 发 酵 糖 类

测定发酵之容器以杜氏管 (Durhan tube) 为主，艾氏管(Einhorn tube)为辅(图 192)。凡能发酵某种糖时，则在此容器上应能看到有一定量的 CO_2。用杜氏管时 CO_2气泡集中在杜氏管内小管之顶部。用艾氏管时 CO_2 气体集中在封闭之一端的顶部，所产气体的量可由封闭一端之刻度上显示出来。

一般细胞分散、菌体下沉于底部的酵母可用杜氏发酵管，用这种发酵管比较灵敏，也比较节省糖液。但对于那些有较多菌丝的

菌种，就需改用艾氏管，并在每天观察结果时，均需再次用接种针将菌丝塞入艾氏发酵管之封闭的有刻度的一端，以免二氧化碳逸出液面而看不到气泡的产生。

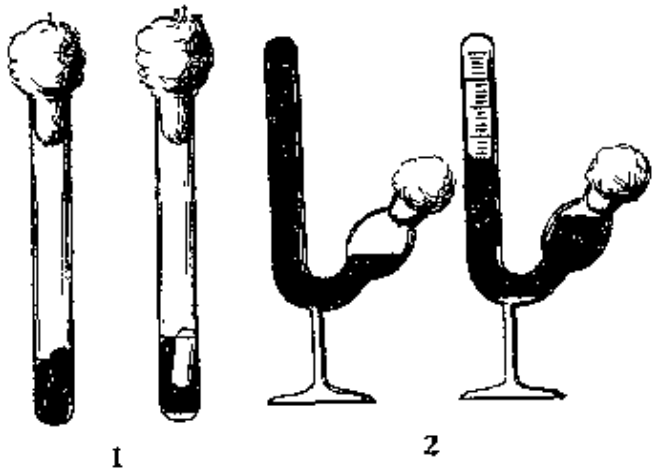


图 192　1. 杜氏发酵管　左：不发酵，右：发酵；　2. 艾氏发酵管左：不发酵，　右：发酵

凡能发酵葡萄糖的酵母，都能发酵果糖和甘露糖，所以测定葡萄糖后，不必再测定后两种糖。

所测定的糖类按照娄德 1952 年的方法只用了六种糖，即葡萄糖、半乳糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖、棉子糖。到了 1970 年又增加了好几种碳源，如蜜二糖、纤维二糖、海藻糖、松三糖、菊芋糖、可溶性淀粉、2-甲基——葡萄糖苷共十三种。糖类在培养基中的浓度一般都为 2%（用 10% 豆芽汁配制），棉子糖则为 4%，在配此培养基时糖液应预先配成 10% 溶液（用无菌蒸馏水配后再煮沸 15 分钟），使用时再用无菌豆芽汁稀释。

接种用的酵母要以新培养的菌种，接入上述含糖培养基后，25—28°C 发酵。每天观察结果，注意是否发酵产生二氧化碳气泡，一般 2—3 天即可，凡不发酵者可延长观察至10天，因为半乳糖酶是适应酶，所以发酵半乳糖时可延长至 10 天到二周或一个月。

(II) 同化碳源

酵母如果能发酵某种糖就一定也能同化这种糖，所以做同化时只需做那些不能被发酵的碳源。至于碳源的种类，1952 年时，娄德只用 5 种糖即葡萄糖、麦芽糖、半乳糖、乳糖、蔗糖，到 1970 年发展为 30 多种，除了上述 5 种糖外又增加了其他糖类、醇类、糖苷和有机酸，葡萄糖、半乳糖、L-山梨糖、蔗糖、麦芽糖、纤维二糖、海藻

糖、乳糖、蜜二糖、棉子糖、松三糖、菊芋糖、可溶性淀粉、D-木糖、L-阿拉伯糖、D-阿拉伯糖、D-核糖、L-鼠李糖、乙醇、甘油、赤藓糖醇、阿东醇、卫矛醇、D-甘露醇、D-山梨醇、α-甲基-D-葡萄糖苷、水杨苷、杨梅苷、DL-乳糖、琥珀酸、柠檬酸、肌醇，共 32 种碳源。

测定同化的方法，可采用生长图谱法 (Auxanographic method)。培养基为无碳源的基础培养基，先在 1 毫升无菌生理盐水中接入新培养之酵母少许（约一接种环）制成悬液，将此悬液全部倒入经溶化并冷却到 45°C 的 20 毫升基础培养基中，倒入培养皿，使菌体在培养基中混合均匀，静置，凝固后在 28°C 把培养皿倒置几小时，使表面不致太湿。然后在培养皿底部做上碳源名称的标记，分别用无菌不锈钢匙，按标记加糖少许（约米粒大），如果结果不明显可于次日再补加一次糖。观察结果时，以葡萄糖作对照，一般是 25—28°C 培养 1—2 天观察结果，凡能同化者在所加之碳源的周围形成生长圈（图 193）。

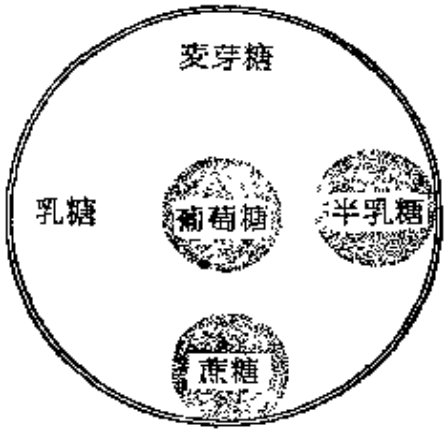


图 193　酵母同化碳源结果示意图
此株酵母能同化葡萄糖、半乳糖、蔗糖，不同化麦芽糖、乳糖

凡生长缓慢的酵母、或是在测半乳糖同化时可适当采用液体培养法，即在含某种碳源之液体培养基中接入酵母，25—28°C 培养 1 — 2 周，以含葡萄糖的作对照，观察酵母生长情况，是否更加混浊或形成醭、环，岛等，必要时可延长观察到三周。

(III) 同化乙醇之液体法

如果在上述生长图谱法中，测试乙醇结果不明显时，可再做同化乙醇的液体培养法。

在试管中装有不含碳源的培养基，加入 3% 乙醇，接入新培养的酵母，25—28°C 培养 3 天至一周后观察。注意生长情况，是否

形成醭、环或岛等，必要时可延长观察到三周。

(IV)同化硝酸钾

与同化碳源一样，也采用生长图谱法。只是改用无氮源的培养基，当培养基表面凝固后，用无菌不锈钢匙加上硝酸钾，另外以硫酸铵作对照(酵母都能利用硫酸铵)。

(V)分解杨梅苷(Arbutin)

使用时把含杨梅苷培养基的试管先溶化加一滴 10%$FeCl_3$ 溶液，混合均匀后放置斜面，凝固后划线接种酵母，25—28℃ 培养，一般在一周内就能看到结果，凡能分解杨梅苷的酵母，在培养几天后，培养基呈现褐色。

(VI)产生类淀粉化合物

(1) 固体法：在合成的固体培养基上接入酵母，在 25—28℃ 培养 1—2 周后，在表面倒上刘格氏(Lugol)碘液，凡能产生淀粉化合物之酵母在菌落周围呈现蓝色（刘格氏碘液：取碘化钾 2 克溶于 20 毫升水中加碘 1 克，待碘溶解后，再加水使总体积为 300 毫升)。

(2) 液体法：在合成的液体培养基中，接种一环酵母，25—28℃ 培养三周，加碘液 1—2 滴，如果颜色变蓝或紫则证明此菌能产生类淀粉化合物。

(VII)产　　酯

在含 5% 葡萄糖培养基之三角瓶中接入酵母，25—28℃ 培养 3—5 天，用嗅觉判断是否有酯类香气。

(VIII)石蕊牛奶反应

试管内装 5 毫升新鲜去乳皮之牛奶，100℃（常压）灭菌 30 分钟，连续 3 天灭菌后，加入 1 毫升 1% 石蕊液，必要时可加入 5% 乳酸钙，接种后，25—28℃ 培养 2 或 4 周，观察牛奶颜色的变化以及是否凝集或胨化，另需作一个不加乳酸钙的做对照。

(IX)分 解 脂 肪

溶化的牛板油经过滤、灭菌，取 0.5 毫升倒入热的无菌培养皿中（培养皿可放在水浴上保温），使皿底有极薄而均匀的油层，过剩的油可立即吸去，放冰箱冷却 2 小时，然后取 18—20 毫升含 0.1% $CaCO_3$ 的高氏（Gorodkowa）培养基溶化并冷到 45℃，小心倒在油层上，冷却凝固后划线接种，25—28℃ 培养几天观察结果。凡能分解脂肪者，在划线处，由于形成了脂肪酸钙，而呈现白垩状区域。

(X)产 酸

在含碳酸钙的培养基中，接种酵母 25—28℃ 培养 10 天后，观察结果，凡能产酸的则碳酸钙就溶解而呈透明状。

(三)检索表的格式和查阅

当一株要鉴定的真菌，按照上述的要求，已作过详细的观察后，而且这株菌的各个特征都比较明显，对有经验的人来说，便可以根据其主要性状，就知道它的名称。但是，对初学真菌的人，这时恐怕还不会知道它应属何类。因而，需要借助检索表来查找其归属。

什么是检索表呢？为了便于识别生物种类，人们把各种生物

按其形态特征及生理生化特征之异同而加以归类，分别列入表中，这就是检索表。换句话说，检索表就是鉴定生物种类的“钥匙”，凭借它可以使人提纲挈领地查找一种生物的名称或归属。所以在鉴别菌种时离不开它。但是单独依靠它，有时不一定能鉴别得准确无误，还需要对照描述、绘图甚至典型的标本或实物，才能最后肯定。

检索表的格式，大体上，有两种。一为定距式，一为双叉式。

（一） 定距式检索表：每一种特征的描述，列在书页的左边一定距离处，与它相对应的特征的描述，也列在同样距离处。如此继续追索，描述行的排列越来越短，直到追索至目、科或属种的学名为止。而书页的右侧，都是菌的名称例如230页镰刀菌属的检索表。

（二） 双叉式检索表：每一对对照特征的描述，紧紧并列在一起，以便于比较，在其一行的末尾，或为一学名，或为一数字，而且此数字重新写在较低一行，即另一对相对应的特征的前面。循序渐进，至终了为止。在此过程中，则能追寻到要查的菌种之名称。然后再用所查到的菌的描述与实物（需鉴定的菌）进行比较研究，最后肯定其名称。

附　录

培养微生物必要的器具

1. 玻璃器具

(1) 试管：用于斜面培养、液体培养或盛无菌水等。前两种用中等试管（直径×长度＝16×160 毫米）。后者用大试管（18×180 毫米）。

(2) 培养皿：作分离菌种或观察巨大菌落形态时制平板用。通常直径 9 厘米的培养皿较适用。

(3) 吸管：制备培养基、稀释液体、吸取样品等。常用 1 毫升、5 毫升、10 毫升等刻度吸管。

(4) 其他：各种容量的三角瓶、载玻片和盖玻片。

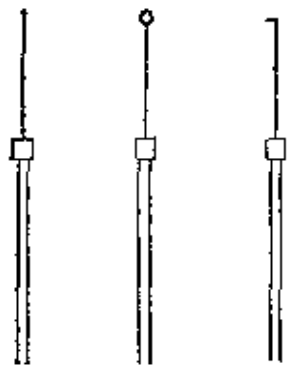


图 194　接种用具

左：接种针　中：接种环　右：接种钩

2. 接种针　接种时的用具，分有：接种针、接种环、接种钩三种样式（见图 194）。通常用铂丝或镍丝制成。

3. 棉花　制备试管或三角瓶培养基时塞口用。

4. 恒温箱　培养微生物用。可以用能保持一定温度的器具代替。

5. 无菌箱　分离菌种或接种时，为了避免杂菌，在其中操作使用。可以用清洁的小房间代替。

6. 灭菌器

(1) 烘箱：用于干热灭菌。

(2) 高压杀菌锅和蒸汽锅（或普通蒸锅）：用于湿热灭菌。

灭 菌 法

灭菌就是将微生物杀死。大家都知道，在空气、水中、用具上到处都有微生物的存在。因而，当培养一种真菌时，培养基、器皿或用具必须经过灭菌后才能使用，否则会使培养物染污杂菌而影响实验。灭菌的方法很多，现将最常用的方法介绍如下：

1. 干热灭菌 一般玻璃用具，如培养皿、吸管等用报纸包好后，放烘箱中，使温度逐渐升至150—160℃，保持2小时后，关闭电源，使缓慢冷却（降温太快时玻璃易碎）即灭菌完毕。

2. 湿热灭菌 湿热灭菌就是利用蒸汽杀菌，它不需要像干热灭菌时那样高的温度。因为加热杀菌是使微生物的蛋白质凝固，而蛋白质凝固时与含水量、温度等有关。含水量大时使其凝固所需要的温度低，反之，含水量小使其凝固时所需的温度高。所以湿热灭菌一般都比干热灭菌效果高。湿热灭菌又分常压和高压两种。

（1）常压法：常压灭菌是用蒸汽锅（或普通锅）蒸，温度不超过100℃。在没有高压灭菌设备或在高温灭菌易破坏的培养基情况下多采用此法。但此法比较麻烦，通常必须进行三次，每次一小时，因为第一次蒸后，其中营养细胞被杀死，而其芽孢还保持着活力，所以蒸后，将培养基放入温箱中24小时，待其芽孢萌发后，再蒸第二次。同样再经24小时，蒸第三次，这样才能灭菌完善。故又称它为间歇灭菌法。

（2）高压法：此法乃是利用高压蒸汽杀菌锅进行灭菌。当用蒸汽灭菌时，如锅内增加压力，则温度亦随之增高。例如压力0.56公斤/厘米^2＝8磅/吋^{2}时，温度为112.6℃；如压力为1公斤/厘米^2＝15磅/吋^{2}时，温度可达120—121℃。通常湿热灭菌，于120℃，20分钟能达到目的，115℃，30分钟也就可以了。使用高压杀菌锅时要特别注意两点：①增压前必须把锅内冷空气排尽，否则压力虽然升高，而其温度达不到要求。②灭菌完毕后，应使锅内压力徐徐下降，不然，容器中液体会喷出，棉塞也易脱落。致使前功

尽弃。在无烘箱时其他器皿也可用湿热灭菌，灭菌前应该用纸包好。

3. 火焰灭菌 对于接种针或其他金属用具的灭菌。可直接在酒精灯火焰上烧至红热。此外，在接种过程中，试管或三角瓶口，也采取通过火焰而达到灭菌的目的。

4. 药物灭菌 所用药品种类甚多，只列三种。

(1) 70%的酒精：用于冷却烧红后的接种针，操作前手或器具的表面杀菌，载玻片、盖玻片的浸泡等。

(2) 新洁尔灭：市售一般为5% 溶液，用时稀释至万分之一到千分之一，用于工作环境和器皿表面的灭菌。

(3) 0.1% 升汞液：用于材料表面的杀菌，用具或废弃的培养物实验后的处理。

(4) 福尔马林(40%甲醛溶液)：用于空间的熏蒸灭菌，加热或加高锰酸钾使放出甲醛气体。注意将空间密闭并维持24小时。

5. 紫外线灭菌 用于接种室等空气灭菌。

培 养 基

人工培养微生物时所用的物质称为培养基。它也可以说是微生物的食物。培养基按其组成的成分，可分为三类。

(1) 自然培养基：它的组成成分还不十分清楚。它是直接利用天然物质。例如：动植物的组织或器官(马铃薯、胡罗卜、水果、肉类、蛋等)的切块或浸提液。

(2) 半合成培养基：其中一部分成分是已知的，另一部分则是天然的材料，如马铃薯-葡萄糖培养基就是一例。

(3) 合成培养基：其中的成分都是已知的，例如察氏培养基等等。无论那种类型培养基，其成分如何复杂，概括起来，大都包括碳源、氮源、无机盐类、生长素和水等，所以制备培养基时，应考虑到这些成分。当然，有些合成培养基不含生长素。就培养基的使用方法而言，有液体和固体之分。所谓固体培养基，在一般情况

下，是指将琼脂或明胶加入液体培养基内而制成的固体培养基，而不是指动植物组织切块。

关于培养基的制备法，除各种天然培养基的配制略有不同外，合成培养基都是按照预定的组成及其量配合成液体，并根据要求，调到一定 pH。如果需要制成固体，一般加 1.5—2.0% 琼脂即可。配妥后，根据需要和量，分装入试管或三角瓶，塞好棉塞，进行灭菌，冷却后即可使用。

1. 麦芽汁 它是酿造啤酒前，未经发酵，未加酒花的新鲜麦芽汁。可向啤酒厂购买。如不具备条件，可取大麦芽粉 1 公斤，加水 3 升，保温 60℃，使其自行糖化。直到液体中无淀粉反应为止。（检查法是取糖化液 0.5 毫升，加碘液 2 滴，如无蓝紫色出现，即糖化完善）。过滤，加 2—3 个鸡蛋清（有助于麦芽汁的澄清）。搅拌均匀，煮沸，再过滤，则得麦芽汁，加水冲稀至 10—15 波林（一种测糖溶液浓度的比重计），备用。如制成固体培养基则加 2% 琼脂。

2. 曲汁 将米曲霉接种在大米饭上，制成大米曲。取干大米曲 1 公斤，加水 3 升，保温 60℃，进行糖化，至无淀粉反应为止。以下操作步骤同麦芽汁的制备。

3. 玉米粉琼脂 取玉米粉约 60 克，加水 1 升，搅拌均匀，文火煮沸 1 小时，用纱布过滤，加琼脂 15—17 克，加热使熔化，然后加水使其体积仍为 1 升。

4. 马铃薯-葡萄糖琼脂（PDA）：取去皮马铃薯 200 克，切成小块，加水一升，煮沸 10 分钟，纱布过滤，加 20 克琼脂，20 克葡萄糖，再加热使熔化，最后使其体积为 1 升。

5. 察氏（Czapek）培养基：$NaNO_3$ 3 克，K_2HPO_4 1 克，KCl 0.5 克，$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5 克，$FeSO_4$ 0.01 克，蔗糖 20 克，琼脂 20 克，水 1 升。

6. 马丁培养基（Martin media）或链霉素孟加拉红培养基 蛋白胨 5 克，葡萄糖 10 克，KH_2PO_4 1 克，$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5 克，琼脂 20 克，1/30,000 孟加拉红水溶液 100 毫升（使用时每毫升培养基加链霉素 30 微克），加蒸馏水至 1000 毫升。

7. 坂口氏培养基(含亚硝酸钠) $NaNO_3$15 克，K_2HPO_4 1 克，KCl0.5 克，$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5 克，$FeSO_4$ 0.01 克，蔗糖 30 克，琼脂 20 克，水 1000 毫升。

8. 萨氏 (Sabouraud) 培养基 蛋白胨 10 克，葡萄糖 10 克，琼脂 15 克，水 1000 毫升。

9. 普氏培养基 NH_4NO_3 10 克，KH_2PO_4 5 克，$MgSO_4$ 0.25 克，$FeCl_3$ 微量，水 1 升。

10. 综合毛霉培养基 葡萄糖 40 克，天门冬酰胺 2 克，$KH_2PO_4$0.5 克，$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.25 克，硫胺素 0.5 克，琼脂 18 克，蒸馏水 1000 毫升。

11. 鉴定酵母的培养基

(1) 观察细胞形态

①麦芽汁液体培养基：用 15 波林麦芽汁，pH 为5.4，装小管每管约 3 毫升，8 磅 15 分钟灭菌。

②麦芽汁固体培养基：以 10 波林麦芽汁，加 2% 琼脂，装小管，8 磅 15 分钟灭菌，放置斜面(图 195)。

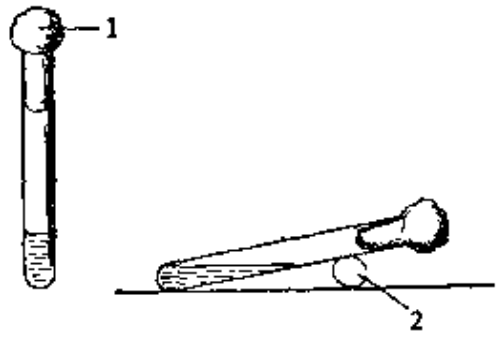


图 195 固体斜面培养基制备法

1. 棉塞 2. 支持物

③葡萄糖-酵母汁-蛋白胨液体培养基：加 20 克葡萄糖，10 克蛋白胨和 5 克酵母汁于 1 升蒸馏水中不调 pH。

(2) 观察子囊孢子

①克氏 (Kleyn) 培养基：$KH_2PO_4$0.012%，$K_2HPO_4$0.02%，醋酸钠 0.5%，葡萄糖 0.062%，NaCl 0.062%，蛋白胨0.25%，水洗琼脂 2%，生物素(Biotin)2.0 微克%，混合盐类 1 毫升(每 100 毫升培养基中含量)，培养基用蒸馏水配，pH6.9—7.1，装小管，8磅 30 分钟灭菌，放置斜面。

混合盐溶液：$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.4%，NaCl 0.4%，$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 0.002%，$MnSO_4 \cdot 4H_2O$0.2%，$FeSO_4 \cdot 4H_2O$0.2%用蒸馏水配。

②麦氏(McClary)培养基：葡萄糖 0.10%，KCl 0.18%，酵母汁

0.25%，醋酸钠 0.82%，琼脂 1.5%，用蒸馏水配，装小管，8 磅 15 分钟灭菌，放置斜面。

③高氏培养基：葡萄糖 0.1%，蛋白胨 1%，NaCl 0.5%，琼脂 2%，用蒸馏水配，装入小管，8 磅 30 分钟灭菌，放置斜面。

④石膏块：8 份 $CaSO_4 \cdot {}^1/_2H_2O$ 及 3 份水混合制成楔状斜面，置于试管内（下填棉花）用稀释的 1.5 波林麦芽汁湿润。

（3）观察假菌丝

①马铃薯琼脂培养基：将 100 克洗净去皮的马铃薯擦成丝状，浸于 300 毫升自来水中，冷浸后取 230 毫升加 770 毫升水，总体积为 1 升，加 20 克葡萄糖，20 克琼脂，溶化过滤，装大管各 20 毫升，8 磅 15 分钟灭菌。

②玉米粉琼脂：12.5 克黄玉米粉，搅匀于 300 毫升水中，以 60°C 热水浴保温 1 小时，用纸过滤，滤液加水至 300 毫升，加 3.8 克琼脂，15 磅 15 分钟灭菌，趁热用脱脂棉过滤，装大管各 20 毫升，8 磅 15 分钟灭菌。

（4）酵母发酵培养基

①各种糖液：以纸谱纯的葡萄糖、半乳糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖、棉子糖、蜜二糖等糖类，预先用无菌蒸馏水分别配成 10%溶液，煮沸 15 分钟备用。

②发酵用含糖培养基：取 12.5%豆芽汁或0.6%酵母粉浸汁1.2 毫升，加入小试管内，再放入一小套管（倒置），8 磅 30 分钟灭菌后，加入无菌的 10%糖液 0.3 毫升，放置一个时期，使小管内外糖液尽可能扩散均匀，然后接种。

③12.5%豆芽汁：黄豆芽 125 克加水 1 升，煮沸半小时，过滤加水到 1 升，8 磅 30 分灭菌，备用。

④0.6%酵母粉浸汁：加 60 克干酵母粉于 1 升水中，必要时加一些蛋清以澄清滤液，15 磅灭菌 15 分钟，趁热用双层滤纸过滤，再以 8 磅 30 分灭菌，备用。

（5）酵母同化碳源培养基

①生长图谱法

(A)生理盐水（作酵母悬液用）：NaCl 10 克，蒸馏水 1000 毫升，15 磅 30 分钟灭菌，每管定量装 1 毫升。

(B)同化碳源基础培养基：$(NH_4)_2SO_4$0.5%，$KH_2PO_4$0.1%，$MgSO_4 \cdot 7H_2O$0.05%，酵母膏 0.02%（可用 20%豆芽汁代替，加 0.2%V/V），水洗琼脂 2%，用蒸馏水配，培养基过滤后装大试管，每管约 20 毫升，8 磅 15 分钟灭菌。

②液体法：$(NH_4)_2SO_4$0.5%，$KH_2PO_4$0.1%，$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.05%，$CaCl_2 \cdot 2H_2O$0.01%，NaCl0.01%，糖或其他碳源 0.5%，酵母膏0.02%（也可用豆芽汁代替），用蒸馏水配，培养基过滤后装小试管，每管约 2—3 毫升，8 磅 15 分钟灭菌。

(6) 酵母同化乙醇基础培养基

$(NH_4)_2SO_4$0.1%，$KH_2PO_4$0.1%，$MgSO_4 \cdot 7H_2O$0.05%，酵母膏 0.01%，用蒸馏水配，过滤后每小管定量装 5 毫升，8 磅 15 分钟灭菌，临用时加 3%乙醇（用 99%乙醇 0.15 毫升）。

(7) 酵母同化氮源基础培养基：葡萄糖 2%，$KH_2PO_4$0.1%，$MgSO_4 \cdot 7H_2O$0.05%，酵母膏 0.02%（可用 20%豆芽汁代替，加 0.2%V/V），水洗琼脂 2%，用蒸馏水配，过滤，装大试管每管为 20 毫升，8 磅 15 分灭菌。

(8) 杨梅苷培养基：杨梅苷 0.5%，水洗琼脂 2%，10%豆芽汁 100 毫升，熔化，装小试管，8 磅 15 分钟灭菌，使用前临时再熔化，于各管加一滴 10%$FeCl_3$（用无菌水配），放置斜面。

(9) 酵母产生类淀粉化合物培养基：$(NH_4)_2SO_4$0.5%，$KH_2PO_4$0.1%，$MgSO_4$0.05%，$CaCl_2 \cdot 2H_2O$0.01%，酵母膏0.1%，葡萄糖3%，培养基装入 50 毫升三角瓶，约 5 毫升，8 磅 15 分钟灭菌。

(10) 产酯培养基：葡萄糖 5%，用 10%豆芽汁配，用 50 毫升三角瓶各装 20 毫升，8 磅 15 分钟灭菌。

分离真菌成纯培养的方法

土壤、空气、动植物体、生霉材料等等都有真菌和其他微生物

栖居，要研究自然界某一具体物质上有那些真菌，首先必须把它们分离成单一的培养，再加以鉴别。根据各类微生物生长所要求的条件，并采取适当的方法，获得纯培养也是容易的。

1. 条件 微生物生长时对 pH、温度、化学药品以及营养的要求都有差异，所以在分离菌种时要选择和控制培养条件。如：

（1）调节 pH：细菌、放线菌生长时适于偏碱的环境。而真菌则嗜好中性至偏酸的基质，因而用乳酸或柠檬酸调节培养基，使其酸度为 pH3.5—4.5，这样可阻碍一些细菌的生长。如果培养基的酸度过高时，琼脂不易凝固，可增加浓度到 2.5—3%。

（2）控制温度：各类菌所适应的温度不同，如培养一般真菌用 25—30°C，堆肥、温泉中的菌喜高温，用 45—50°C，而人体病原菌在 37°C 生长良好。即便适应温度范围相近的微生物，在同一温度下培养时，生长也有快慢之分。故分离菌种时应就温度加以选择和控制。

（3）渗透压：某些真菌生长在果酱、炼乳、光学仪器上，无疑它们喜高渗透压，分离这类菌时可以增加培养基中糖的浓度（如含 20—40%蔗糖的察氏培养基），或加 10—20%的 NaCl。能得到良好的结果。

（4）化学抑制剂：分离混杂有细菌、酵母菌、霉菌的材料时，将培养基中加入孟加拉红（如 100 毫升马铃薯-葡萄糖琼脂加孟加拉红 70 毫克）或抗生素（如链霉素 40 单位/毫升），可以抑制细菌生长。而酵母菌和霉菌在平板上菌落的区别比较明显，前者呈有光泽的奶油状圆斑，后者初期为无色的丝状，形成孢子后，则出现各种颜色，如此便不难区分或挑选。

2. 方法

（1）划线法

①将固体培养基熔化，冷却至 45°C，注入无菌培养皿中，每皿约 15—20 毫升，稍微摇转，静置，使成平板备用。

②取要分离的材料少许（根据含微生物多少而定），投入盛无菌水的试管内，振摇，使微生物悬浮于水中。

③将接种环经火焰灭菌并冷却后，蘸一环上述悬浮液，按图196的方式在平板上划线。注意勿使接种环将平板表面划破。

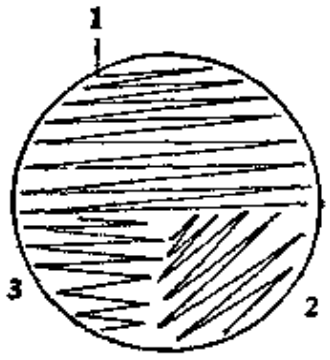


图196　划线分离法示意图
1.开始划线处　2.第二次划线区　3.第三次划线区

④划线完毕，将培养皿倒置于恒温箱中培养，2—5天后，挑取单个菌落，并移植于斜面上培养，待形成子实器官后检查。如果只有一种菌生长，即得纯培养菌种。如有杂菌，可取培养物少许，制成悬液，再作划线分离，有时要反复几次，才能得到纯种。

（2）稀释法

①取无菌水4—5管（每管含9毫升），用笔分别标记1、2、3、4、5号。取样品1克，投入1号管内，振摇，使悬浮均匀。

②用1毫升无菌吸管，按无菌操作法，从1号管中吸取1毫升悬浮液注入2号管中，并将2号管摇动，使悬浮液均匀。同样由2号管至3号管，余类推，直到5号管。但是每稀释一管必须更换一支无菌吸管（第5号管已稀释了10万倍）。

③用两支无菌吸管分别由4号、5号试管中各取1毫升悬液，并分别注入二个无菌培养皿中，再加入熔化后冷至45°C的分离用培养基约15毫升，轻轻在桌面上摇转，静置，使疑成平板，然后倒置于温箱中培养，2—5天后，从中挑选单个菌落，并移植于斜面上。其操作法见示意图（图197）。

3.举例

（1）空气中的真菌：空气中漂浮着各类微生物，然而其种类和数量，随着场所、季节、气候、时间等而有变化。从空气中分离真菌的方法比较简单，只要将琼脂培养基制成平板后，把培养皿盖打开，暴露在空气中数分钟，经过培养，从中挑选菌落，即达分离目的。

（2）土壤：土壤是微生物的大本营，无论在种类上或数量上都比其他材料丰富，有人统计，每克土壤中大约有100万个孢子。然

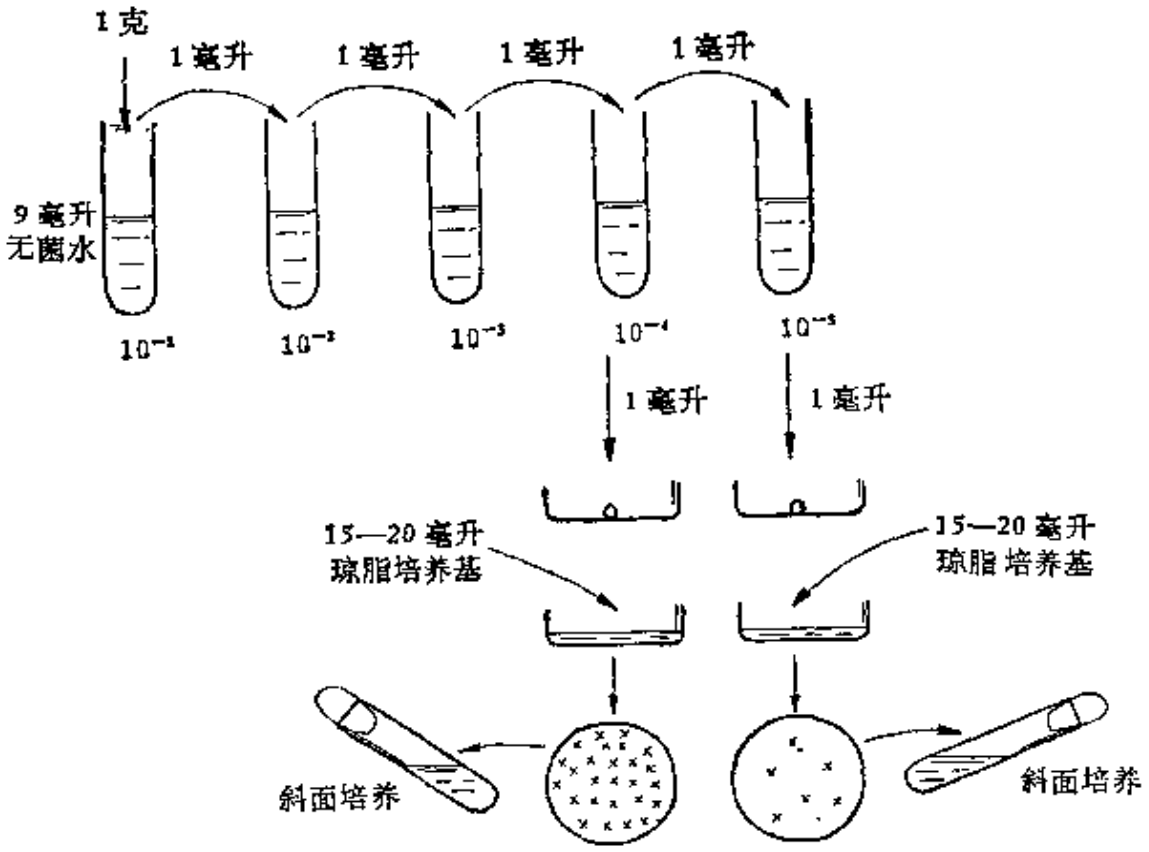


图 197　稀释分离法示意图

而根据土壤的种类（如田土、草地、林土）、深度、通气条件、季节、土质的组合等变化很大，关于从中分离菌种，上述两种方法均适用，不再重复。

（3）食品：如面包、水果、蔬菜等含碳水化合物多的食物上，真菌的生长比较明显，可用接种针挑取孢子后，直接作划线分离。

（4）植物体上的真菌：许多真菌是植物的病原菌，有些种类需要特殊的分离方法，有的在一般培养基上不易生长，因此，这里只列举简单易行的分离方法。

①根部：取根一小段，用水浸 5 分钟，再用无菌水将根洗涤数次，洗后把根切成 5—10 毫米的小片，放入平板上培养 4—10 天，经检查后移植斜面上即可。关于根部土样，可用稀释法分离。如果是腐朽的根，用无菌水洗后，置乳钵中研碎，加无菌水制成悬浮液，再用划线法或稀释法分离。

②叶部：取有病斑或其他病害的叶，切成小块，用 1％次亚氯

酸钠浸 3—4 分钟，作表面杀菌，用无菌水洗数次，然后把叶片研碎，加无菌水制成悬浮液，作稀释分离，或直接将叶片放置马铃薯琼脂平板上培养即可。

③种子：以大米为例，取 10 克大米放入 250 毫升无菌三角瓶中，加 100 毫升无菌水，摇动，洗下米粒表面的微生物，用稀释法分离其中的真菌。洗过的米粒，用 1％升汞液浸 1 分钟，进行表面杀菌，然后用无菌水洗数次，以便除去升汞。取此米粒约 1 克，置乳钵中研碎，加无菌水制成悬液，用划线法或用稀释法进行分离。

（5）动物上的真菌：昆虫类（鳞翅类、双翅类、膜翅类、鞘翅类等）的幼虫、蛹、成虫上有寄生真菌。分离时可采用萨氏琼脂。此外动物的粪便中，含有所谓的粪生菌，往往从其中分离出能分解角朊的菌种。特别在吃草的动物（如牛、马、驴等）粪便中，真菌的种类甚多。可用纸袋收集粪便，置通风良好处保存。分离时预先将滤纸放培养皿内灭菌，然后倒入约 5 毫升的无菌水把粪便放在培养皿内的滤纸上于室温培养一定时间（各种菌不同而异），则有真菌长出，可在解剖镜下直接挑取菌体。

菌 种 的 保 藏

在生产和研究工作中，当分离到纯培养或有用的菌种时，如果管理不好，发生死亡或染污杂菌就会影响工作。为了能够较长时间的保存菌种，除在有条件的单位可以用冷冻干燥法外，下面介绍四种简便的行之有效的方法。

1、斜面保存 酵母菌一般用麦芽汁琼脂斜面，于 25°C 培养，丝状真菌一般用马铃薯琼脂斜面（或察氏琼脂斜面），于 28°C 培养，待菌落长好后由温箱中取出，放在温度低、清洁面且干燥的地方能保存较长的时间。

2、液体石蜡法

（1）量取液体石蜡 100 毫升，装入 250 毫升三角瓶中，塞好棉塞。另外用纸包好 10 毫升吸管 1 支，和液体石蜡一起灭菌（15 磅

30 分钟)。

(2)灭菌后的液体石蜡,由于有水蒸汽进入,会影响保存菌种的质量,需要放在 40°C 的温箱中,使水蒸汽蒸发。在室温下也可以不过所需的时间长些。

(3)把要保存的菌种,在它最适宜的培养基和培养温度等条件下进行斜面培养,以便得到健壮的菌体。如有性孢子、无性孢子或细胞等。

(4)用无菌吸管吸取灭过菌的液体石蜡,无菌地注入上述斜面培养管内。其用量要高出培养物约 1 厘米。然后把试管直立,放在温度低而又干燥的地方保存。使用时从斜面上挑取少许菌体,放在新鲜培养基上,经过培养,即可应用(此法适用于保存酵母菌)。

3、麸皮法

(1)根据制作的数量称取麸皮,加水后拌匀,加水量是麸皮:水=1:0.8 或 1:1 或 1:1.5(不同的菌对水分要求不同)。

(2)把拌匀的麸皮分装入安瓿管或小试管中,加入量高约 1.5 厘米,要疏松,不要紧压。塞好棉塞,用纸包好,15 磅灭菌 30 分钟。或用蒸锅间歇灭菌 2—3 次,每次 1 小时。

(3)灭菌后冷却,把要保存的菌种接入麸皮,放在适当的温度下培养。由于菌种不同,要求适宜的培养温度,如 28°C, 30°C, 35°C。待孢子长好后,取出小管,放入装有氯化钙($CaCl_2$)的干燥器中,在室温下干燥数日。干后,将干燥器放在低温(20°C 以下)的地方保存。或者将小管取出,用火在棉塞的下边烧熔玻璃,把管口封住。保存在温度低的地方。

(4)使用时用接种针挑取少量带菌的麸皮,移到新制的培养基上,培养后即可应用(此法保存曲霉、红曲霉、根霉等效果很好)。

4、沙土法

(1)取河沙若干(用量根据制作的需要),过筛,选取中间均匀的沙粒放入搪磁容器中,用 10%的盐酸浸泡处理,除去其中有机

物质。盐酸用量以淹没过沙面为度。浸泡 2—4 小时后倒去盐酸，再用水洗泡数次，至呈中性，去水烘干或晒干。

（2）把干沙分装入小管中，装入量高达 1 厘米左右，塞好棉塞灭菌。灭菌方法和麸皮法相同。

（3）灭菌后取沙少许，放入液体培养基内（如牛肉汤或萨氏液），经过培养检查有无微生物生长，若有，需再灭一次菌。如无，即可使用。

（4）把要保存的菌种，在它最适宜的培养基和培养条件下培养成熟后，注入无菌水 3—5 毫升，洗下孢子，使成悬浮液，用 1 毫升无菌吸管吸取悬浮液滴入沙管中，每小管 10 滴，再用接种针拌匀，然后把沙管放在干燥器中，干燥器内用无盖培养皿或其他玻璃器皿，盛五氧化二磷(P_2O_5)，吸收水分。等 P_2O_5 吸水成糊状时，更换一次，如此数次，沙管即可干燥。干后将小管取出，用火在棉塞下边把玻璃烧熔封住口。这样可以保存较长的时间（此法适用于一般生孢子良好的丝状真菌）。

无论采取那一种方法来保存菌种，关键是对要保存的微生物，先得到健壮的菌体，然后进行保存处理。而采用上述方法时，则以培养出微生物的孢子更为重要，这和保存农作物的种子性质相似。

使用上述方法保存菌种，不同菌种一般可保存一年到数年。在保存期间应定期检查。

名词简释

二　画

二倍体(diploid)：指染色体数目为2n的核，其中一半数目的染色体来源于一个亲本，另一半来源于另一个亲本。

三　画

子实层(hymenium)：子囊菌或担子菌的产孢表面，即子囊或担子排列成的栅状层，可以夹杂有侧丝、囊状体等其他不孕细胞。

子实体(fructification)：真菌的产孢构造，形式多样，自简单、小型到复杂、巨型，除产孢组织外还包括有各种对孢子的保护、形成、传播有作用的组织、拟组织及辅助结构。

子座(stroma)：在里面或上面产生子实体的一团垫状真菌细胞，或是由真菌细胞与寄主组织混合构成。

子囊果(ascocarp)：产生子囊的一种子实体。

子囊孢子(ascospore)：产生于子囊里面的孢子，多由细胞游离形成方式形成。

小型分生孢子(microconidium)：某些真菌，如镰刀菌(*Fusarium*)产生大、小两种分生孢子，其小者称小型分生孢子。某些真菌，如核盘菌(*Sclerotinia*)的小型分生孢子则常如性孢子的作用。

四　画

内生分生孢子(endoconidium)：在菌丝内形成的一种无性孢子，成熟后缢出。

分生孢子(conidium)：一种常见的无性形成的孢子，多着生在特殊菌丝(分生孢子梗)的顶端或侧面，一般成熟后分生。

分生孢子座(sporodochium)：由分生孢子梗簇生在一起而形成的裸露、定形、垫状子座，为瘤座孢科(Tuberculariaceae)的特征性构造。

分生孢子盘(acervulus)：在寄主的角质层或表皮层下分生孢子梗簇生在一起而形成的盘状或扁平状构造，其中夹杂有或不夹杂有刚毛，分生孢子梗自薄而平展至厚而垫状的拟薄壁组织上面形成，为黑盘孢目(Melan-

coniales)的特征性构造。

分生孢子器(pycnidium)：一种有腔的无性子实体，一般有孔口，腔内生有分生孢子梗和分生孢子。

五　画

节孢子(arthrospore)：由菌丝断裂而形成的孢子，常成串，也称粉孢子。

包被(Peridium)：产孢构造的壁，其内部产生孢子，特别指腹菌类、锈菌类和粘菌类，也指子囊盘和子囊壳的壁。

外生分生孢子(exoconidium)：在菌丝上所形成的任何一种分生孢子。

冬孢子(teleutospore)：锈菌目(Uredinales)和黑粉菌目(Ustilaginales)的一种厚壁孢子(即原担子)，核配在其中发生，萌发后产生原菌丝和担孢子。

六　画

产孢组织(也叫产孢体，gleba)：腹菌(Gasteromycetes)和块菌目(Tuberales)在包被内的组织，通常指包括破碎后的髓板在内的孢子堆。

产囊体(ascogonium)：子囊菌的雌性细胞或雌性配子囊。

产囊丝(ascogenous hypha)：产生子囊的特化菌丝。

闭囊壳(cleistothecium)：没有孔口的子囊壳状的子囊果，例如白粉菌目(Erysiphales)的子囊果。

异宗配合(heterothallism)：菌体分化为两个或更多的在形态上相似的菌系，相同菌系的个体之间不能配合，而必需与相对配合型的另一菌系才能配合并产生接合子(或其他双核细胞)的现象。

异丝生(diclinous)：互相配合的雄器和藏卵器着生在不同的菌丝上的现象。

同宗配合(homothallism)：在单一的菌体上形成接合子(或其他双核细胞)的现象。

同丝生(monoclinous)：互相配合的雄器和藏卵器着生在同一菌丝上的现象。

休眠孢子(resting spore)：一种厚垣孢子，通常是性配合后形成的，一般要经过一个休眠阶段后才萌发。

向基式(basipetal)：分生孢子形成的一种方式，由分生孢子梗顶端逐渐向下形成，最上面的孢子是最早形成的。

七　画

壳细胞(Hülle cell)：某些曲霉(*Aspergillus*)在其菌丝顶端或中间所产生的厚壁细胞，如构巢曲霉(*A. nidulans*)即常有大量壳细胞与闭囊壳伴

生在一起。

吸器(haustorium)：在寄主细胞间的寄生真菌菌丝上的伸入寄主细胞内的特殊菌丝分枝，可以是丝状、指状、根状、球状或其他形状。

卵孢子(oospore)：一种厚壁的有性孢子，它是从卵球经过受精作用或孤雌生殖发育而成的。

泡囊(vesicle)：一种薄的泡状构造，特别是指腐霉科(Pythiaceae)的游动孢子在里面成熟和从中逸出的球状构造；此外，许多其他真菌，如毛霉目(Mucorales)、曲霉(*Aspergillus*)等的孢囊梗或分生孢子梗顶部也有泡囊的形成。但是在曲霉中通称顶囊。

八　画

单倍体(haploid)：指染色体数目为 n 的核，与二倍体相对而言，可参看二倍体的解释。

性孢子器(pycnium) **或精子器** (spermogonium)：一种象分生孢子器的构造，其中含有微小的孢子状物，它们在某些实例中已被证明是有作用的性孢子。

环孢子梗(annellophores)：在分生孢子梗上由子相继地产生分生孢子而形成的环状结构。

担子果(basidiocarp)：生有担子的子实体。

担孢子(basidiospore)：生长在担子上的一种有性孢子。

转主寄生现象(heteroecism)：有些寄生菌要在一种以上的寄主上才能完成其生活史的现象。

孢子印(spore print)：把成熟的菌盖平放在纸或玻片上，孢子自然掉落后所获得的孢子堆样式。

孢丝(capillitium)：在粘菌(*Myxomycetes*)和腹菌(*Gasteromycetes*)的一些属种的子实体内杂生于孢子之间的一种不孕的丝状结构。

孢梗束(coremium)：聚生成束的一丛分生孢子梗。

孢隔(connective)：成链的分生孢子成熟后，孢子之间相连接的狭窄的缢缩部分。

孢囊孢子(sporangiospore)：在孢子囊内形成的孢子。

孢囊梗(sporangiophore)：生有孢子囊的特化菌丝。

质配(plasmogamy)：两个性细胞或无性细胞之间的细胞质的融合。

芽分生子(blastoconidium)：以出芽方式生长在假菌丝的“节间”上的圆形或椭圆形酵母状细胞。

芽生孢子(blastospore)：以出芽方式形成的无性孢子，如酵母和外囊菌目(Taphrinales)即有这种孢子。

泄管(又叫出管,exit tube)：藻菌中某些属种的孢子囊在成熟时生出的细管,游动孢子或原生质经此管逸出。

受精丝(trichogyne)：在真菌，特别是子囊菌中的雌性器官的接受精子的丝状结构。

周丝(又叫缘丝,periphysis)：子囊壳孔口内侧所生长的丝状结构。

侧丝 (paraphysis)：子囊菌的子实层中的丝状不孕成分，在锈菌目(Uredinales)的夏孢子堆中也可以有侧丝。

九　画

厚垣孢子(chlamydospore)：自菌丝上生成的一种厚壁的孢子,通常间生。

十　画

配子(gamete)：在核配以前的同形或不同形的能互相融合的生殖细胞。

配囊柄(gametangiophore)：配子囊下面的一段特化菌丝,在毛霉目(Mucorales)内，两个配子囊配合形成接合孢子后，在每个接合孢子的下面或两侧仍留有两个配囊柄。

离基式(basifugal)：分生孢子形成的一种方式,由分生孢子梗顶端相继地产生孢子,最顶端的孢子是最新形成的。

核配(caryogamy)：两个细胞核的融合。

夏孢子(urediospore)：锈菌目(Uredinales)的一种生在夏孢子堆内的孢子,和分生孢子的作用相似,不需经过休眠期即可萌发。

十 一 画

寄生物(parasite)：依靠另一种生物而生存的生物。

接合孢子(zygospore)：在藻菌里面由两个同形配子或配子囊融合而形成的有性孢子。

菌托(volva)：伞菌目(Agaricales)某些属种的子实体包膜或鬼笔目(Phallales)某些属种的包被残留在菌柄基部的构造。

菌环(annulus)：伞菌目(Agaricales)某些属种的菌柄上所附着的环状物,是内菌幕的残留物。

菌核(sclerotium)：由菌丝团组成的一种硬的休眠体，包含寄主的组织在内的则叫假菌核，一般有暗色的外皮，在条件适宜时可以生出子实体、子座、分生孢子梗、菌丝等等。

菌褶(lamella)：伞菌科(Agaricaceae)菌盖下面的垂直的、辐射的片状构造，在其上形成子实层。

菌落扇状变异(又叫角变,sectoring)：在平板上培养的菌落所产生的扇形突

变。

营养繁殖(vegetative propagation)：菌体在量上的增加。

减数分裂(meiosis)：染色体数目减半的核分裂。

十 二 画

游动孢子(zoospore)：生有鞭毛并能游动的孢囊孢子。

联结现象(anastomosis)：泛指纵向的结构（如菌丝、菌褶、线状条纹等等）在横的方向上联结起来的现象。

雄器(antheridium)：雄性配子囊。

锁状联合(clamp connection)：在担子菌菌丝体上的半球形小突起，横跨在两个细胞之间的隔膜上面而把两个细胞连接起来的构造。

锈孢子(aeciospore)：锈菌目(Uredinales)的锈子腔中所产生的双核孢子。

十四至二十二画

腐生物(saprophyte)：利用无生命的有机物为食物的生物。

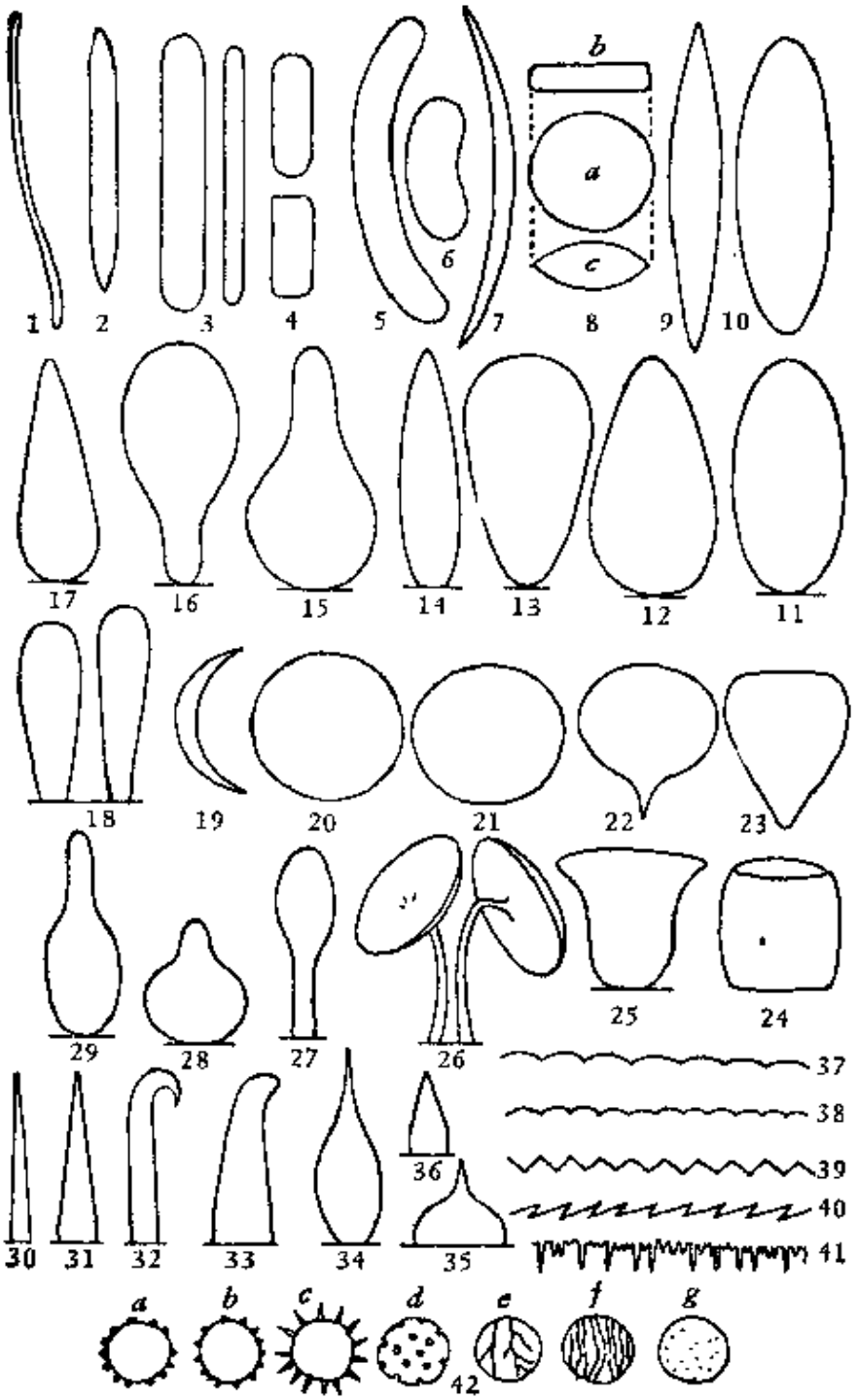
藏卵器(oogonium)：雌性配子囊。

囊状体(cystidium)：担子菌子实层中的一种大型不孕性构造。

囊层基(hypothecium)：子囊盘中子实层下面的疏松地交织而成的菌丝层。

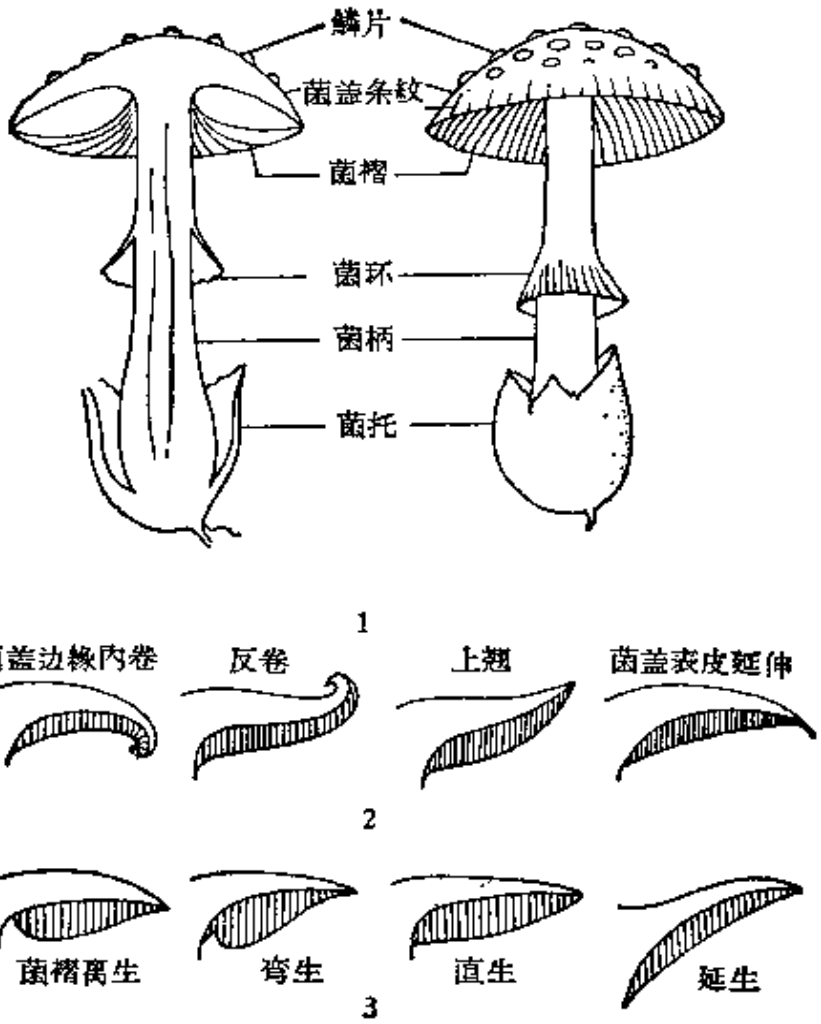
囊盘被(exipulum)：子囊盘的外层结构。

用于形态描述的示意图



(一)

1. 线形　2. 针形(两端尖)　3. 柱形　4. 矩圆形；上，两端钝圆；下，两端平截　5. 腊肠形　6. 肾形　7. 镰刀形　8. 盘形或双凸镜形　*a*. 正面；　*b*. 盘形侧面；　*c*. 双凸镜形侧面　9. 梭形　10. 椭圆形　11. 卵形　12. 拟卵形　13. 倒拟卵形　14. 船形　15. 梨形　16. 倒梨形　17. 倒棒形　18. 棒形　19. 新月形　20. 球形　21. 近球形　22. 芜菁形　23. 陀螺形　24. 桶形(鼓形)　25. 钟形　26. 盾形　27. 匙形　28. 瓢形　29. 瓶形　30. 针形　31. 钻状　32. 钩状　33. 角状　34. 两面鼓起状　35. 短尖的　36. 微尖的　37. 圆齿状　38. 细圆齿状　39. 齿状　40. 锯齿状　41. 条裂状　42. 孢子纹饰　*a*. 疣状；　*b*. 细刺；　*c*. 皮翼；　*d*. 凹点；　*e*. 沟槽；　*f*. 条纹；　*g*. 具点



（二）

1. 蘑菇子实体　2. 菌盖边缘特征　3. 菌褶与柄的关系

某些真菌的主要用途和代谢产物

根据一些从事真菌应用工作单位的意见，为了使本书能更好地联系实际，我们参考有关资料编写了此部分附在书后，以便能从资源的角度，为搞应用的同志在菌种方面提供线索。鉴于真菌利用范围的扩大、现代科学的发展，其用途和代谢产物远不止此，现仅择其要而言。这种取舍就必然掺杂主观因素在内，囿于编者的水平及参考的资料很不充分，错误之处肯定会有，望读者予以指出。在所列菌方面，虽然超出了书内所引用种的范围，然而这也可能会给本书弥补一点不足之处。还要说明一点，即所用菌名有的为异名，因录自他书，故在此并未予以订正。

用途或代谢产物	菌　　种
酶	
淀　粉　酶	*Aspergillus allinceus*
	Aspergillus cinnamomeus
	Aspergillus foetidus
	Aspergillus niger
	Aspergillus oryzae
	Endomycopsis fibuliger
	Monascus purpureus
	Mucor rouxii
	Rhizpus chinensis
	Rhizopus delemar
	Rhizopus oryzae
	Rhizopus tonkinensis
	Rhizopus tritici
蛋　白　酶	*Actinomucor elegans*
	Aspergillus flavus
	Aspergillus oryzae
	Aspergillus wentii

用途或代谢产物	菌　　种
	Candida lipolytica
	Endothia parasitica
	Entomophthora coronata
	Mucor pusillus
	Penicillium chrysogenum
	Sclerotinia sclerotiorum
	Trichophyton granulosum
酸性蛋白酶	*Aspergillus awamorii*
	Aspergillus foetidus
	Aspergillus phoenicis
	Penicillium citreo-viride
	Penicillium frequentans
	Penicillium spinulosum
脂肪酶	*Aspergillus flavus*
	Aspergillus oryzae
	Candida cylindraceae
	Candida lipolytica
	Rhizopus arrhizus
	Torolopsis ernobii
果胶酶	*Aspergillus niger*
	Botrytis cinerea
	Coniothyrium diplodilla
	Penicillium italicum
	Pythium aphanidermatum
	Rhizopus delemar
	Rhizopus oryzae
	Rhizopus stolonifer
	Sclerotinia libertiana
葡萄糖氧化酶	*Aspergillus niger*
	Penicillium amagasakiense
	Penicillium chrysogenum
	Penicillium citrinum
纤维素酶	*Aspergillus niger*
	Aspergillus luchuensis
	Chaetomium globosum

用途或代谢产物	菌　　种
	Chrysosporiun lignorum
	Memnoniella echinata
	Myrothecium verrucaria
	Trichoderma koningi
	Trichoderma viride
凝　乳　酶	*Aspergillus candidus*
	Byssochlamys fulva
	Endothia parasitica
	Mucor pusillus
凝血致活酶	*Aspergillus oryzae*
5′磷酸二酯酶	*Penicillium citrium*
腺苷酸脱氨酶	*Aspergillus oryzae*
柚　苷　酶	*Aspergillus niger*
虫　漆　酶	*Coriolus versicolor*
淀粉葡萄糖苷酶	*Aspergillus phoenicis*
纤维胨酶	*Absidia coerulea*
	Aspergillus flavus
	Aspergillus oryzae
α-D-半乳糖苷酶	*Mortierella vinacea*
角　胨　酶	*Aspergillus flavus*
	Aspergillus niger
	Chrysosporium asperatum
	Chrysosporium tropicum
	Chrysosporium keratinophilum
麦芽糖酶	*Aspergillus niger*
	Monascus fuliginosus
多酚氧化酶	*Gliomastix murorum*
	Myrothecium roridum
	Oidiodendrum echinulatum
	Stachybotrys chartarum
有机酸	
柠　檬　酸	*Aspergillus awamori*
	Aspergillus carbonarius
	Aspergillus niger
	Aspergillus phoenicis

用途或代谢产物	菌　　种
	Aspergillus wentii
	Penicillium adametzi
	Penicillium restrictum
	Trichoderma viride
葡萄糖酸	*Aspergillus carbonarius*
	Aspergillus niger
	Caldariomyces fumago
	Penicillium chrysogenum
延胡索酸	*Rhizopus arrhizus*
	Rhizopus delemar
	Rhizopus stolonifer
衣康酸	*Aspergillus itaconicus*
	Aspergillus terreus
顺乌头酸	*Aspergillus flavus*
	Aspergillus niger
	Aspergillus oryzae
	Aspergillus parasiticus
	Merulius tremellosus
	Schizophyllum commune
曲酸	*Aspergillus effusus*
	Aspergillus flavus
	Aspergillus oryzae
	Aspergillus parasiticus
	Aspergillus tamarii var. *crassus*
	Penicillium lanosum
五倍子酸	*Aspergillus niger*
	Phycomyces blakesleeanus
齿孔酸	*Fomes officinalis*
	Lentinus dactyloides
	Lentinus lepideus
	Polyporus anthracophilus
	Polyporus eucalyptorum
	Polyporus hispidus
	Polyporus sulfureus
	Poria coccos

用途或代谢产物	菌种
草酸	*Aspergillus ficuum*
	Aspergillus niger
	Botrytis cinerea
	Mucor mucedo
	Penicillium oxalicum
	Pilobolus crystallinus
	Rhizopus nigricans
乳酸	*Rhizopus chinesis*
	Rhizopus nigricans
	Rhizopus oryzae
酒石酸	*Aspergillus niger*
	Fusarium sp.
琥珀酸	*Aspergillus terreus*
	Caldriomyces fumago
	Fusarium martii
	Mucor mucedo
	Mucor stolonifer
	Saccharomyces cererisiae
戊二酸	*Aspergillus niger*
α-酮戊二酸	*Aspergillus terreus*
丙酸	*Amanita muscaria*
丙二酸	*Penicillium funiculosum*
	Penicillium islandicum
甲基水杨酸	*Aspergillus terreus*
	Penicillium patulum
原儿茶酸	*Neurospora crassa*
	Phycomyces blakesleeanus
葡萄糖二酸	*Aspergillus niger*
苹果酸	*Curvularia spicifera*
黑粉菌酸	*Ustilago maydis*
氨基酸	
L-丙氨酸	*Fusarium moniliforme*
	Mucor racemosus
	Ustilago maydis
L-谷氨酸	*Aspergillus oryzae*

用途或代谢产物	菌　　种
	Aspergillus terreus
	Cephalosporium sp.
	Pichia membranaefacians
	Rhizopus nigricans
	Syncephalastrum racemosum
	Ustilago maydis
L- 赖 氨 酸	*Aspergillus ustus*
	Saccharomyces cerevisiae
	Torula utilis
	Ustilago maydis
L- 天 冬 氨 酸	*Rhizopus japanicus*
L- 精 氨 酸	*Ustilago maydis*
L- 蛋 氨 酸	*Ustilago maydis* mutant
L- 色 氨 酸	*Claviceps purpurea*
	Hansenula anomala
L- 脯 氨 酸	*Fusarium gibbosum*
	Saccharomyces cerevisiae
核酸及其有关物质	
RNA	*Candida arborea*
	Torula utilis
降　解 RNA	*Aspergillus oryzae*
	Monascus purpureus
	Penicillium citrinum
	Rhizopus niveus
	Rhodotorula glutinis
	Scopularia phycomyces
	Torula utilis
降　解 DNA	*Aspergillus flavipes*
	Aspergillus flavus
	Aspergillus quercinus
5′- 鸟 苷 酸	*Lentinus edodes*
抗生素	
青　霉　素	*Penicillium chrysogenum*
	Penicillium notatum
头 孢 霉 素	*Cephalosporium chrysogenum*

用途或代谢产物	菌种
	Emericellopsis glaber
	Emericellopsis salmosynnematum
灰黄霉素	*Penicillium nigricans*
	Penicillium urticae
褐霉素	*Fusidium coccineum*
岛青霉肽	*Penicillium funiculosum*
	Penicillium islandicum
烟曲霉素	*Aspergillus fumigatus*
宛霉素	*Paecilomyces varioti*
杂色曲霉素	*Aspergillus versicolor*
疣孢漆斑素	*Myrothecium roridum*
	Myrothecium verrucaria
变蓝菌素	*Cephalosporium caerulence*
抗癌物质	*Aspergillus giganteus*
	Coriolus unicolor
	Myriococcum albomyces
	Hericium erinaceum
	Irpex flavus
	Penicillium crustosum
	Penicillium tardum
	Poria corticola
	Sepedonium ampulosporum
	Trichoderma panaeolum
维生素	
核黄素	*Ashbya gossypii*
	Candida kruseii
	Candida guilliermondii
	Eremothecium ashbyii
β-胡萝卜素	*Blakeslea trispora*
	Choanephora circinaus
	Choanephora conjuncta
	Choanephora cucurbitarum
	Neurospora crassa
	Phycomyces blakesleeanus
	Rhodotorula gracilis

用途或代谢产物	菌　　种
麦　角　醇	*Pichia guilliermondii*
	Saccharomyces carlsbergensis
	Saccharomyces cerevisiae
	Saccharomyces delbrueckii
	Saccharomyces fermentati
	Rhodotorula minuta
抗坏血酸	*Aspergillus niger*
	Aspergillus tamarii
异抗坏血酸	*Penicillium chrysogenum*
	Penicillium decumbens
	Penicillium notatum
吡　哆　素	*Candida albicans*
D-生物素	*Sporobolomyces carmicolor*
	Sporobolomyces pararoseus
	Sporobolomyces salmonicolor
促生素	
吲哚乙酸	*Aspergillus niger*
	Exobasidium camelliae var. *gracilis*
	Phycomyces blakesleeanus
	Phytophthora cactorum
	Rhizopus stolonifer
	Saccharomyces cerevesiae
	Taphrina wiesneri
	Ustilago esculenta
赤　霉　素	*Gibberella fujikuroi*
RAL化合物 (resorylic acid lactones)	*Gibberella zeae*
菌核素(sclerin)	*Sclerotinia libertiana*
硬硫堇 (sclerothionine)	*Sclerotinia libertiana*
蛋白质	
	Candida guilliermondii
	Candida intermedia
	Candida lipolytica
	Candida tropicalis

用途或代谢产物	菌　　种
	Candida utilis
	Geotrichum candida
	Pichia polymorpha
	Rhodotorula glutinis
	Saccharomyces cerevisiae
脂肪	
	Aspergillus flavipes
	Aspergillus nidulans
	Candida reukaufii
	Claviceps purpurea
	Fusarium bulbigenum
	Lipomyces starkeyi
	Mucor circinelloides
	Mucor mucedo
	Penicillium javanicum
	Penicillium lilacinum
	Phycomyces blakesleeanus
	Rhodotorula glutinis
	Rhodotorula gracilis
	Trichosporon pullulans
	Trichosporon undulatum
发酵食品	
	Actinomucor elegans
	Aspergillus oryzae
	Monascus purpureus
	Hansenula anomala
	Penicillium roqueforti
	Rhizopus chinensis
	Rhizopus nigricans
	Rhizopus oligosporus
	Rhizopus oryzae
	Saccharomyces rouxii
	Zygosaccharomyces major
	Zygosaccharomyces soya
酒类	

用途或代谢产物	菌　　种
	Saccharomyces carlsbergensis
	Saccharomyces cerevisiae
	Saccharomyces cerevisiae var. *ellipsoideus*
	Saccharomyces logos
	Saccharomycodes ludwigii
高等真菌的栽培及菌丝体的深层培养	
	Agaricus bisporus
	Armillaria mellea
	Boletus indecisus
	Cantharellus cibarius
	Collybia velutipes
	Coprinus comatus
	Helvella gigas
	Morchella angusticeps
	Pleurotus ostreatus
	Tricholoma nudum
	Tuber melanosporum
多糖	
	Volvaria volvacea
茁霉聚糖	*Pullularia fermentans*
	Pullularia wernekii
黑曲霉聚糖	*Aspergillus niger*
半乳聚糖	*Penicillium charlesii*
甘露聚糖	*Rhodotorula glutinis*
磷酸甘露聚糖	*Hansenula capsulata*
	Hansenula holstii
淡黄青霉酸	*Penicillium islandicum*
	Penicillium luteum
异多酸	*Cryptococcus laurentii* var. *flavesecns*
	Cryptococcus neofomans
麦角碱及其衍生物	
	Claviceps litoralis
	Claviceps microcephala
	Claviceps paspali

用途或代谢产物	菌　　种
	Claviceps purpurea
	Penicillium chrysogenum
	Penicillium puberulum
醇	
甘　露　醇	*Aspergillus candidus*
	Aspergillus nidulans
	Aspergillus ochraceus
	Aspergillus oryzae
	Aspergillus wentii
	Curvnlaria spicifera
	Byssochlamys fulva
	Penicillium griseofulvum
阿拉伯糖醇	*Torulopsis candida*
甘　　油	*Saccharomyces cerevisiae*
	Torulopsis sp.
	Zygosaccharomyces chevalieri
赤　藓　醇	*Penicillium brevi-compactum*
	Penicillium cyclopium
	Torulopsis candida
甾族化合物的转化	
	Absidia cylindrospora(11α-OH, 11β-OH, 11-OH→11-CO)
	Absidia glauca (11α-OH, 11β-OH, 6β-OH)
	Absidia orchidis (1β-OH, 5β-OH, 7β-OH, 11α-OH, 11β-OH, 11-OH→11-CO)
	Absidia ramosa (11α-OH, 11β-OH, 6β-OH)
	Aspergillus alliaceus (3β-OH→3-CO, 17—20 解链)
	Aspergillus amstelodami (11α-OH, 6β-OH)
	Aspergillus candidus (11α-OH, 15-OH, 3β-OH→3C-CO)
	Aspergillus carbonarius (15β-OH)
	Aspergillus chevalieri(11α-OH, 17—20 解链)
	Aspergillus clavatus (11α-OH, 3βOH→3-CO)

用途或代谢产物	菌　　种
	Aspergillus elegans (15β-OH, 3β-OH→3-CO)
	Aspergillus flavus (11α-OH, 17—20 解链)
	Aspergillus fumigatus (11α-OH, 11β-OH, 15β-OH, 3β-OH→3-CO)
	Aspergillus luchuensis (11α-OH)
	Aspergillus nidulans (6β-OH, 11α-OH)
	Aspergillus niger (6β-OH, 11α-OH)
	Aspergillus ochraceus (11α-OH, 6β-OH)
	Aspergillus oryzae (11α-OH, 17—20 解链)
	Aspergillus parasiticus (15β-OH)
	Aspergillus ruber (17—20 解链)
	Aspergillus terricola (17—20 解链)
	Botrytis cinerea (11β-OH, 11α-OH, 15β-OH)
	Candida pulcherrima (20-CO→20β-OH)
	Chaetomium funicolum (6β-OH)
	Choanephora cucurbitarium (11α-OH,11β-OH, 6β-OH)
	Cladosporium resinae (17—20 解链)
	Corticium sasakii (11β-OH, 11α-OH, 19-OH)
	Cunnighamella blakesleeana (11β-OH, 11α-OH, 14α-OH, 6β-OH, 9α-OH)
	Cunnighamella echinulata (11α-OH, 11β-OH, 9α-OH, 6β-OH)
	Curvularia lunata (11β-OH, 14α-OH, 9α-OH, 15α-OH, 21-OH)
	Fusarium lateritium ($\Delta^{1,2}$17—20 解链)
	Fusarium lini ($\Delta^{1,2}$, 12β-OH)
	Fusarium oxysporum ($\Delta^{1,2}$, 6β-OH, 11α-OH, 15α-OH)
	Gliocladium catenulatum (6β-OH, 17—20 解链, $\Delta^{1,2}$)
	Gliocladium roseum ($\Delta^{1,2}$)
	Mortierella alphina (1-OH)
	Mucor mucedo (17—20 解链)

用途或代谢产物	菌　　种
	Mucor racemosus (6β-OH, 11α-OH)
	Neurospora crassa (9α-OH)
	Neurospora sitophila (11α-OH)
	Penicillium adametri (17—20 解链)
	Penicillium citreo-viride (17—20 解链)
	Penicillium citrinum (17—20 解链)
	Penicillium corylophilum (17—20 解链, 11α-OH)
	Penicillium decumbens (17—20 解链)
	Penicillium frequentans (17—20 解链)
	Penicillium javanicum (17—20 解链)
	Penicillium lilacinum (17—20 解链, 20-CO→20β-OH)
	Penicillium melearginum (17—20 解链)
	Penicillium nigricans (17—20 解链)
	Penicillium notatum (17—20 解链, 15α-OH)
	Penicillium oxalicum (11α-OH)
	Penicillium raciboskii (17—20 解链)
	Penicillium rugulosum (15β-OH)
	Penicillium selerotiorum (17—20 解链)
	Penicillium spinulosum (17—20 解链)
	Penicillium tardum (11α-OH, 15β-OH)
	Penicillium thomii (17—20 解链)
	Penicillium urticae (15β-OH)
	Phycomyces blakesleenus (6β-OH, 7α-OH, 7β-OH, 15α-OH)
	Pythium ultimum (20-C=O→20β-OH)
	Rhizoctonia solani (1-OH, 6β-OH)
	Rhizopus chinensis (6β-OH, 11α-OH)
	Rhizopus nigricans (11α-OH, 11β-OH, 7α-OH, 7β-OH)
	Rhizopus oryzae (11α-OH, 6β-OH)
	Saccharomyces cerevisiae (17-CO→17β-OH)
	Saccharomyces pastorianus (11β-OH)
	Thammidium elegans (11α-OH, 11β-OH, 11-OH→11-CO)

用途或代谢产物	菌种
	Trichoderma viride (17α-OH, 11α-OH)
	Trichothecium roseum(11β-OH,11$\alpha\rightarrow$OH, 6β-OH) 14α-OH, 11-OH$\rightarrow$11-CO)
	Zygorhynchus heterogamus (11α-OH, 11β-OH, 6β-OH)
生物测定	
维生素	
生物素	*Ceratostomella montium*
	Debaryomyces matruchoti var. *subglobos*
	Kloeckera apiculata
	Neurospora crassa
	Neurospora sitophila
	Saccharomyces cerevisiae
	Saccharomyces cerevisiae var. *ellipsoideus*
	Sordaria fimicola
	Zygosaccharomyces marxianus
萘酸	*Neurospora crassa*
	Neurospora sitophila
	Torula cremoris
	Zygosaccharomyces marxianus
泛酸	*Saccharomyces carlsbegensis*
	Saccharomyces cerevisiae
硫胺素	*Coprinus clastophyllus*
	Cryptococcus neoformans
	Endomyces vernalis
	Kloeckera apiculata
	Neurospora crassa
	Phycomyces blakesleeanus
	Pichia membranaefacieus
	Pythium ascophallon
	Rhodotorula aurantiaca
	Saccharomyces carlsbergensis
	Saccharomyces cerevisiae
	Saccharomyces maxianus
吡哆醇	*Ceratostomella pleuriannulata*

用途或代谢产物	菌　　种
	Mycoderma valida
	Neurospora sitophila
	Pichia fermentans
	Pichia membranaefacieus
	Saccharomyces apiculatus
	Saccharomyces carlsbergensis
	Saccharomyces cerevisiae
	Saccharomyces oviformis
对氨基苯甲酸	*Neurospora crassa*
肌　　醇	*Kloeckera apiculata*
	Nematospora gossypii
	Neurospora crassa
	Pichia membranaefacieus
	Saccharomyces carlsbergensis
	Saccharomyces cerevisiae
胆　　碱	*Neurospora crassa*
	Torulopsis pintolapesis
氨基酸	*Saccharomyces cerevisiae*
	Saccharomyces intermedius
	Neurospora crassa
	Trichophton megnini
土壤中可利用态养分的测定	
氮	*Cunnighamella* sp.
钾	*Aspergillus niger*
	Cunnighamella sp.
磷	*Aspergillus niger*
	Aspergillus oryzae
	Cuningamella elegans
锰、镁、钙、铜、钼、锌及硫的测定	*Aspergillus niger*
砷	*Scopulariopsis brevicaule*
污水指标	*Leptomitus lacteus*
抗癌物质	*Achlya flagellata*
	Olpidiopsis varians
灰黄霉素	*Botrytis allii*

用途或代谢产物	菌　　种
	Epidermophyton floccosum
	Microsporium gypseum
两性霉素(amphotericin)	*Candida tropicalis*
	Saccharomyces cerevisiae
番茄素(tomatin)	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*
木糖	*Hansenula suaveslens*
环己胺	*Poria placeta*
	Saccharomyces cerevisiae
	Saccharomyces fragilis
腺嘌呤	*Neurospora crassa*
次黄嘌呤	*Neurospora crassa*
生物防治	*Beauveris baisiana*
	Beauveris tenella
	Gloeosporium sp.(鲁保1号)
	Metarrhizium anisopliae
含氰污水处理	*Fusarium solani*
烟草发酵	*Debaromyces nicotianae*
毒素	
黄曲霉毒素(aflatoxin)	*Aspergillus chevalieri*
	Aspergillus clavatus
	Aspergillus flavus
	Aspergillus fumigatus
	Aspergillus niger
	Aspergillus parasiticus
	Aspergillus ruber
	Aspergillus wentii
	Penicillium citrinum
	Penicillium variable
桔霉素(citrinin)	*Penicillium citrinum*
Luteoskyrin	*Penicillium islandicum*
棕曲霉毒素(ochratoxins)	*Aspergillus ochraceus*
棒曲霉素(clavacin)	*Aspergillus clavatus*

用途或代谢产物	菌　　种
	Aspergillus terreus
	Penicillium expansum
	Penicillium urticae
柄曲霉素 (sterigmatocystiu)	*Aspergillus versicolor*
镰刀菌毒素	*Fusarium culmorum*
(Fusarium-toxins)	*Fusarium diversisperum*
	Fusarium graminearum
	Fusarium moniliforme
	Fusarium nivale
	Fusarium roseum
	Fusarium sporotrichioides
	Fusarium tricinctum
鹅膏素(amanitin)	*Amanita phalloides*
	Amanita verna
毒蝇碱(muscarin)	*Amanita muscaria*
	Amanita pantherina
毒伞素 (phalloidin)	*Amanita phalloides*
	Amanita verna
	Amanita virosa
马鞍菌素 (gyromytrin)	*Gyromitra esculanta*

主要参考资料

王云章(1963) 中国黑粉菌 科学出版社

中国科学院微生物研究所 (1970) 微生物在工业上的应用(国外研究近况) 科学出版社

戴芳澜(1934) 茯苓 中国植物学杂志, 1(2): 200—214

戴芳澜(1946) 中国白粉菌的研究, Bull. Torrey Bot. Club 73(2): 108—130

戴芳澜 中国西部的锈菌 Farlowia 3(1): 95—139

马丁, G. W. (陆定安译, 1957) 真菌大纲 科学出版社

亚历克索鲍罗斯, C. J. (李季伦等译, 1961) 真菌概论 科学出版社

拉伊洛, A. И. (王云章等译, 1958) 镰刀菌 科学出版社

斯密士, G. (徐浩译, 1964) 工业真菌学纲要 科学出版社

中国的真菌(1963) 科学出版社

微生物学ハンドブック集编委员会(1957) 微生物学ハンドブック技报堂, 东京.

小林义雄(1955) スペルモフトラ目に就て 长尾研究所菌类研究报告 5:77—120.

Ainsworth, G. C. (1961). Ainsworth and Bisby's Dictionary of The Fungi, 5th Ed. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surry.

Alexopoulos, C. J. (1962), Introductory Mycology 2nd Ed. John Wiley & Sons, Inc., New York. London.

Ames, L. M. (1961). A Monograph of The Chaetomiaceae. The United States Army Research and Development Series Number 2.

Banno Isao. (1967). Studies on The sexuality of Rhodotorula. J. Gen. Appl. Microbiol. 13: 167—196.

Barnett, H. L. (1960). Illustrated Genera of Imperfect Fungi, 2nd Ed. Minneapolis: Burgess Publ. Co.

Benjamin, C. R. & C. W. Hesseltine. (1957) The genus *Actinomucor*. Mycologia 49: 240—249.

Benjamin, C. R. & C. W. Hesseltine. (1959) Studies on the genus *Phycomyces*. Mycologia 50: 751—771.

Benjamin, R. K. (1959). The merosporangiferous Mucorales. Aliso 4: 321—433.

Blakeslee, A. F., J. L. Cargledge, D. S. Welch & A. D. Bergner. (1927). Sexual dimorphism in Mucorales. I. Intraspecific reaction. Bot. Gaz. 84: 28—50.

Blakeslee, A. F. & J. L. Cargledge. (1927). Sexual dimorphism in Mucorales. II. Interspecific reactions. Bot. Gaz. 84: 51—57.

Buller, A. H. R. (1934). The biology and taxonomy of *Pilobolus*. Researches on Fungi 6: 1—224.

Clement, F. E. and Shear, C. L. (1931). Genera of Fungi, New York. The H. W. Wilson Co. Reprinted (1954).

Cutter, V. M. (1946), The genus *Cunninghamella* (Mucorales). Farlowia 2: 321—343.

De Vries, G. A. (1952). Cantribution to the Knowledge of the Genus *Cladosporium* Link ex Fr. Baarn: Uitgeverij & Drukkerij Hollandia.

Ellis, J. J. & C. W. Hesseltine. (1965). The genus *Absidia*: globosespored species. Mycologia 57: 222—235.

Fitzpatrich, H. M. (1930). The Lower Fungi-Phycomycetes. McGraw-Hill Book Co. Inc. New York and London.

Frederich, A. U. and C. R. Benjamin. (1969). A new species of *Neurospora* from soil of west Pakiston. Mycologia 61: 1077—1084.

Gilman, J. C. (1957). A Manual of Soil Fungi, 2nd Ed. Iowa: State College Press.

Hesseltine, C. W. (1953). A revision of the Choanephoraceae. Amer. Midl, Nat. 50: 248—256.

Hesseltine, C. W. (1955). Genera of Mucorales with notes on their synonymy. Mycologia 47: 344—363.

Hesseltine, C. W. & D. I. Fennell. (1955). The genus *Circinella*. Mycologia 47: 193—212.

Hesseltine, C. W. & R. F. Anderson. (1956). The genus *Thamnidium* and a study of the formation of zygospores. Amer. J. Bot. 43: 696—703.

Hesseltine, C. W. & C. R. Benjamin. (1957). Notes on the Choanephoraceae. Mycologia 49: 723—733.

Hesseltine, C. W. & C. R. Benjamin & B. S. Mehrotra. (1959), The genus *Zygorhynchus*. Mycologia 51: 173—194.

Hesseltine, C. W. & J. J. Ellis. (1964). The genus *Absidia*: *Gongronella* and cylindrical-spored species of Absidia. Mycologia 56: 568—601.

Homma, Y. (1937). Erysiphaceae of japan. Journ. Faculty Agric. Hokkaido University. 38: 1—461.

Hunt, J. (1956). Taxonomy of the genus *Ceratocystis*. Lloydia. 19: 1—58.

Inui, T., Y. Takeda & H. Iizuka. (1965). Taxonomical studies on genus *Rhizopus*. J. Gen. Appl. Microbiol. 11: 1—121. Suppl.

Langeron. M. (Translated from the French by J. Wilkinson) Outline of Mycology. Sir Isaac. Pitmon & Sons Ltd. London.

Lendner, A. (1908). Les Mucorinees de la Suisse. Beit. Krypt. Schweiz 3: 1—180.

Linnemann, G. (1941). Die Mucorineen-Gattung *Mortierella* Coemans. Pflanzenforschung 23: 1—64.

Linnemann, G. (1958). Untersuchungen zur Verbreitung und Systematik der Mortierellen. Arch. Mikrobiol. 30: 256—267.

Lodder, J., and Kreger-van Rij, N. J. W. (1952) The Yeasts. A taxonomic

study. Amsterdam: North-Holland Publishing Co.

Lodder, J., (1970). The Yeasts. A taxonomic study. Amsterdam: North Holland Publishing Co.

Middleton, J. T. (1943). Taxanomy, host range and geographic distribution of the genus *Pythium*. Mem. Torrey Botan Club 20(1): 1—171.

Naumov, N. A. (1939). Cles des Mucorinees (Mucorales). Encycl. Mycol. 9: 1—137.

Neergarrd, P. (1945). Danish species of Alternaria and Stemphylium. Copenhagen: Einar Munksgaard. London Oxford Univ. Press.

Raper, K. B., and Fennell, D. I. (1965). The Genus Aspergillus. Baltimore: The Williams and Wilkins Co.

Raper, K. B., and Thom, C. (1949). Manual of the Penicillia. Baltimore: The Williams and Wilkins Co. London: Bailliere, Tindall & Cox.

Sarbhoy, A. K. (1968). Revision of the sphaerosporus group of *Mucor*. Trans. Brit. Mycol. Soc. 51: 25—32.

Shear, C. L., and B. O. Dodge. (1927). Life histories and heterothallism of the red bread fungi of the *Monilia sitophila* group. Jr. Agr. Res., 34: 1019—1042.

Smith, G., (1969). An Introduction to Industrial Mycology. London. Edward Arnold (Publishers) Ltd.

Sparrow, K. K., (1960). Aquatic Phycomycetes. Second Revised Edition. Ann Arbor. The University of Michigan Press.

Waterhouse, G. M., (1967). Key to *Pythium* Pringsheim. Mycological papers No. 109. 1—15.

Zycha, H., (1935). Mucorineae. Krypt. Mark Brand. 6: 1—264.

Ciferri, R., Ribaldi, M., and Corte, A. (1957). Revision of 23 strains of *Aureobasidium pullulans* (deBary) Arn. Atti. Ist. Bot. Univ. Pavia. Ser. 5, 14: 78—90.

Cooke, W. B. (1959). An ecological life history of *Aureobasidium pullulans* (deBary) Arn. Mycopathologia 12: 1—45.

Goodwin, T. W. (1959). Production and biosynthesis of riboflavin in micro-organisms. Progr. Ind. Microb. 1: 139.

Hanson, A. M. (1967). Microbial production of pigments and vitamins. Microbial Technology. Reinhold Publ. Corp., New York, Amsterdam & London.

Pridham, T. G. & Raper, K. B. (1950). *Ashbya gossypii*—its significance in nature and in the laboratory. Mycologia 42: 603.

Routien, J. B. (1949). *Crebrothecium ashbyi*, Mycologia 41: 184.

Reynolds, E. S. (1950). *Pullularia* as a cause of deterioration of paint and plastic surfaces in South Florida. Mycologia 42: 432—448.

菌名索引（中文）

二　画

八孢裂殖酵母　96

三　画

三角酵母　38
三孢布拉氏霉　73
三侧毛壳菌　109
土曲霉　167,182
土星汉逊氏酵母土星形变种　86
土星形魏立氏酵母　86
土壤青霉　188
大连酵母　29
大秃马勃　143
大孢粪壳菌　108
小丛壳属　243
小麦曲根霉　54
小麦赤霉　233
小麦杆锈菌　125
小麦根腐病旋孢霉　225
小麦散黑穗病菌　127
小克银汉霉属　32,65
口蘑　138
口蘑属　34,137

四　画

文氏曲霉　166,178
火丝菌　16,17
无根根霉　53
木耳　122
木耳属　33,122
木素木霉　208
木霉属　35,206
木蹄层孔菌　133
长喙壳属　33,102
长根菇属　34,138
不对称青霉组　184,186
日本曲霉　173
中型假丝酵母　149
内果青霉　187
双孢锈菌属　34
水玉霉属　31,71
毛壳菌属　33,109
毛盘孢属　35,242
毛霉属　32,55
牛肝菌属　34,135
爪哇毛霉　56,58
爪哇青霉　186
分枝单轮青霉系　186

五　画

汉氏德巴利酵母　82
汉逊氏酵母属　32,38,83
头孢霉属　35,210
头珠霉属　32,69
玉蜀黍节壶菌　41
玉蜀黍黑粉菌　128
甘薯黑疤病菌　103
甘薯根霉　54
节生霉属　31,42
矛束孢霉属　36,228
对称二轮青霉组　184,186

布氏掷孢酵母 38
布拉氏小克银汉霉 66
布拉氏须霉 61
布拉氏霉属 32,72
卡尔斯伯酵母 93
出芽短梗霉 219
包脚菇属 34,139
禾谷镰刀菌 231,233
禾草蠕孢菌 224,225
冬青葡柄霉 227
冬腐茎点霉 246
印度毛壳菌 109
代氏根霉 54
白边青霉 188,196
白曲霉 166,175
白色冬孢酵母 39
白色球拟酵母 155
白色假丝酵母 151
白地霉 160
白杨盘圆孢 245
白粉菌属 33,101
白毒伞 141
白僵菌属 35,203
瓜果腐霉 44,45
丛赤壳属 230
丝孢酵母属 39
丝核菌属 34,247

六　画

冰岛青霉 198
汤姆氏青霉 186
产黄头孢霉 213
产黄青霉 188,193
产紫青霉 189,199
产朊圆酵母 146
产朊假丝酵母 146
共头霉属 32,70
羊毛状青霉 187
羊肚菌 118
羊肚菌属 33,118
米曲霉 177
米根霉 52,53
交链孢属 36,226
宇佐美曲霉 174
灰绿曲霉 166
地霉属 35,160
扩张青霉 188
阴沟假丝酵母 151
异形接霉 63
异常汉逊氏酵母异常变种 84
光滑翅孢壳 212
尖孢镰刀菌 237
尖孢镰刀菌蚕豆型 236
曲霉属 35,163
肉座菌属 207
肉桂色曲霉 174
团青霉 188
虫草 117
虫草属 33,117
毕赤氏酵母属 33,39,87
华丽曲霉 166
华根霉 51,52
多孔菌属 34,129
多囊霉属 33,80
杂色曲霉 167,179
伞卷霉 64
伞菌属 34,141
有孢汉逊氏酵母属 37
有性根霉 51
肋状拟内孢霉 147
红曲霉属 33,97
红色冬孢酵母属 39

红色肉座菌 207
红酵母属 35,40
好食脉孢菌 104,105

七　画

沙门柏青霉 188
许旺氏酵母属 39
间型脉孢菌 104,106
麦角 116
麦角属 33,115
麦类白粉菌 101
赤曲霉 169
赤霉属 230
豆类丝核菌 248
丽赤壳属 230
两形曲霉 160
束状青霉 187
克勒克氏酵母属 37
克鲁弗氏酵母属 39
拟内孢霉属 38
拟青霉属 36,199
杜氏青霉 189
鸡墀 138
灵芝 131
灵芝属 34,130
层孔属 34,133
层锈菌属 34,123
局限曲霉 166,169
局限青霉 187
阿氏多囊霉 80
阿氏青霉 187
阿氏假囊酵母 80
阿姆斯特丹曲霉 167
阿舒氏囊霉属 33,78
串珠镰刀菌 230,231
圆小丛壳 244
秃马勃属 34,142
针孢酵母属 39
卵孢白僵菌 205
纯绿青霉 188
纳逊氏酵母属 37
纸板葡萄状穗霉 221

八　画

河内氏曲霉 174
河内根霉 54
油脂酵母属 38
泡盛酒曲霉 174
宛氏拟青霉 200
卷毛壳菌 114
卷霉属 31,64
单轮青霉组 184,186
单轴霉属 31,48
单端孢霉属 35,217
变灰青霉 187
放射毛霉属 32,62
青霉属 36,182
带状曲霉 170
刺孢小克银汉霉 66
刺状毛霉 57
顶孢头孢霉 211,213,215
苦白蹄层孔菌 133
茎点霉属 34,245
茄生茎点霉 247
茄病镰刀菌 231,235
茄病镰刀菌蚕豆型 236
茄丝核菌 248
拉氏被孢霉 76
枝孢霉属 36,222
枝霉属 32,67
构巢曲霉 167,179
轮枝孢属 36,215

枣层锈菌 123
奇异翅孢壳 212
点青霉 193
具柄矛束孢霉 228
囊酵母属 38
金龟子绿僵菌 241
金黄毛壳菌 109
金黄曲霉 174
乳分枝球酵母 153
乳卵孢霉 160
乳酒假丝酵母 153

九　画

洋蘑菇 141
美丽枝霉 67
美丽放射毛霉 62
美味牛肝菌 136
类热带假丝酵母乳糖变种 153
娄地青霉 187,194
娄哥酵母 93
娄德氏酵母属 39
总状毛霉 57
总状共头霉 70
弯孢霉属 36,223
疣孢漆斑菌 240
卧孔菌属 34,134
费氏曲霉 166
南瓜笄霉 74
草菇 139
草酸青霉 188
茯苓 134
指状青霉 188
柱孢葡萄状穗霉 221
柑橘炭疽病毛盘孢 244
柯达氏拟内孢霉 147
树脂枝孢霉 223
牵连青霉 186,189
砖红轮枝孢 216
炭黑曲霉 174
复膜孢子酵母属 38
脉孢菌属 33,104
匍枝根霉 51,52
匍柄霉属 36,226
匍匐曲霉 169
匍匐放射毛霉 62
香菇 136
香菇属 34,136
食用球拟酵母 155
须霉属 32,61
绒状青霉亚组 187
结节根霉 54

十　画

海枣曲霉 174
高大毛壳菌 112
高大毛霉 56
唐菖蒲青霉 188
斋藤曲霉 174
瓶形酵母属 37
被孢霉属 32,76
粉红头孢霉 213,214
粉红头孢霉短孢变种 214
粉红单端孢霉 218
粉红胶霉 202
粉状毕赤氏酵母 87
烟曲霉 166,170
烟色红曲霉 99
烟草毛盘孢菌 243
展开青霉 188,196
翅孢壳属 211
热带粉孢霉 29
热带假丝酵母 150

热带假丝酵母朗必克酒变种 151
桃色拟青霉 201
栖土翅孢壳 212
根霉属 31,50
蚜生头孢霉 211
蚧生头孢霉 211
笄霉属 32,74
圆弧青霉 188,195
胶霉属 36,202
脆壁酵母 18
皱褶青霉 189
臭曲霉 174

十一画

淡灰青霉 188
淡黄曲霉 166
淡黄青霉 188
淡紫青霉 187
淡紫犁头霉 60
深红酵母 159
寄生水霉 19
寄生曲霉 176
粒状青霉 188
粘红酵母粘红变种 158
粗糙脉孢菌 104
康氏木霉 207
琉球曲霉 174
球毛壳菌 110
球形球拟酵母 156
球拟酵母属 35,40,154
球孢白僵菌 205
球囊酵母属 39
黄曲霉 166,176
黄柄曲霉 167,181
黄球瘤孢 216
黄绿青霉 189
黄褐曲霉 166
萨托氏菌属 165
乾氏曲霉 174
接霉属 32,63
掷孢酵母属 38
梗孢酵母属 37
梅氏酵母属 38
隐壳霉属 230
隐球酵母属 40
常现青霉 186,190
斜卧青霉 186
银耳 120
银耳属 33,120
梨孢镰刀菌 230,234
假丝酵母属 35,40,146
盘圆孢属 35,242
猪苓 130
绿色木霉 208
绿褶菌属 36,241
绳生毛壳菌 110,113
绳状青霉 189,198

十二画

温氏酵母属 39
粪生粪壳菌 107
粪壳菌属 33,107
粟酒裂殖酵母 95
棕曲霉 166,171
棒曲霉 166,167
棒形青霉 188
棉毛状帚柄霉 226
棉花炭疽病毛盘孢 29
棉病针孢酵母 79
棉病囊霉 79
蒂氏头珠霉 69
葫芦毛盘孢 243

葡萄汁酵母 93
葡萄状穗霉属 36,221
葡萄生单轴霉 48
散子囊菌属 165
散枝青霉亚组 187
裂芽酵母属 37
裂殖酵母属 33,37,94
啤酒酵母 89
黑曲霉 166,172
黑色葡萄状穗霉 221
黑青霉 187
黑粉菌属 34,127
晶水玉霉 71
蛛网状粪壳菌 107
紫芝 132
紫色红曲霉 98
锁合掷孢酵母属 37
短密青霉 187
短梗霉属 36,219
短帚霉 203
焦曲霉 167,180
稀疏曲霉 166
犁头霉属 32,59
鹅湾属 34,140
鲁氏毛霉 56,58
鲁氏地霉 162
鲁保1号 242

十三画

溜曲霉 176
新月弯孢霉 223
新西兰青霉 189
裸壳胞菌属 165
蓝色犁头霉 60
瑞氏青霉 187
暗蓝青霉 187
解脂假丝酵母解脂变种 148
猴头 129
猴头属 34,128
微小毛霉 56,57
微紫青霉 187

十四画

漆斑菌属 36,240
腐霉属 31,43
酵母状外子囊菌属 40
酵母菌属 33,39,89
墙毛壳菌 110,111
蜡叶多孢霉 226
蜡叶枝孢霉 222
蜡蚧头孢霉 211
管囊酵母属 38
帚霉属 36,203
鲜红轮枝孢 216

十五画

瘤孢菌属 36,216
赭色青霉 188
蝗生单端孢霉 218
稻恶苗病赤霉菌 229,231
德巴利腐霉 47
德巴利氏酵母属 33,39,82
德克氏酵母属 38
橄榄盘圆孢 242

十六画

薛氏曲霉 18,169
燕麦蠕孢菌 224
燕麦镰刀菌 231,238
橘青霉 187,191

十七画

螺卷毛壳菌 110,114
螺旋毛壳菌 109
簇孢匍柄霉 227
魏克汉氏酵母属 37

十八画

镰刀菌属 36,228

二十画

蜡形青霉 197
蜘孢菌属 36,224

二十二画

囊孢单端孢霉 218

菌名索引（拉丁文）

A

Absidia 32, 59
A. coerulea 60
A. orchidis 60
Actinomucor 32, 62
A. elegans 62
A. repens 62
Agaricus 34, 141
A. bisporus 141
Alternaria 9, 36, 226
A. alternata 226
Amanita 34, 140
A. verna 141
Apiocrea chrysosperma 217
Ashbya 33, 78
A. gossypii 79
Aspergillus 35, 163
A. amstelodami 167
A. aureus 174
A. awamori 174
A. candidus 166, 175
A. carbonarius 174
A. cervinus 166
A. chevalieri 18, 169
A. cinnamomeus 174
A. clavatus 166, 167
A. cremeus 166
A. fisheri 166
A. flavipes 167, 181
A. flavus 166, 176
A. foetidus 174
A. fumigatus 166, 170
A. glaucus 166
A. inuli 174
A. janus 167
A. japonicus 173, 174
A. kawachii 174
A. luchuensis 174
A. nidulans 167, 179
A. niger 144, 166, 172, 174
A. ochraceus 166
A. ornatus 166
A. oryzae 177
A. parasiticus 176
A. penicilloides 170
A. phoenicis 174
A. repens 23, 169
A. restrictus 166, 169
A. ruber 169
A. saitoi 174
A. sparsus 166
A. sydowi 179
A. tamarii 176
A. terreus 167, 182
A. usamii 174
A. ustus 167, 180
A. versicolor 167, 179
A. wentii 166, 178
Asymmetrica 186
Aureobasidium 36, 219
A. pullulans 219
Auricularia 33
A. auricula 24, 122

B

Beauveria 35, 203
B. bassiana 203, 205

B. tenella 205
Bispolaris 224
Biverticillata symmetrica 186
Blakeslea 32, 72
B. trispora 73
Boletus 34, 135
B. edulis 136
Brettanomyces 38
Byssochlamys 200
Bullera 38

C

Calonectria 230
Calvatia 34, 142
C. gigantea 143
Candida 7, 40, 146
C. albicans 7, 151
C. cloacae 151
C. intermedia 149
C. kefir 153
C. lipolytica var. *lipolytica* 148
C. pseudotropicalis var. *lactosa* 153
C. tropicalis 150
C. tropicalis var. *lambica* 151
C. utilis 146, 155
Cephalosporium 35, 210
C. acremonium 211, 213, 215
C. aphidicola 211
C. chrysogenum 213
C. coccorum 211
C. glaber 212
C. lecanii 211
C. roseum 213, 214
C. roseum var. *breve* 213, 214
Ceratocystis 33, 102
C. fimbriata 103
Circinella 31, 64
C. umbellata 64
Citeromyces 38
C. matritensis 156
Cladosporium 36, 222
C. herbarum 222
C. resinae 223
Chaetomium 33, 109
C. aureum 109
C. cochliodes 109, 110, 114
C. elatum 109, 110, 112
Chaetomium funicolum 109, 110, 113
C. globosum 109, 110
C. indicum 109
C. muronum 110, 111
C. spirale 109
C. trilaterale 109
Choanephora 32, 74
C. cucurbitarum 74
Claviceps 33, 115
C. purpurea 18, 116
Coccidiascus 39
Collybia 34, 138
C. albuminosa 138
Cochliobolus sativus 225
Colletotrichum 35, 242
C. gloeosporices 243, 244
C. lagenarium 243
C. nicotianae 240
Cordyceps 33, 117
C. sinensis 117
Crebrothecium 18, 33, 80
C. ashbyii 80
Cryptococus 40
Cunninghamella 32, 65
C. blakesleeana 66
C. echinulata 66
Curvularia 36, 223
C. lunata 10, 223

D

Debaryomyces 18, 33, 39, 82

D. hansenii 82
D. kloecker 82
Dekker 38
Divaricata 187
Doratomyces 36, 228
D. stemonitis 228
Drechslers 224

E

Emericella 144, 165
E. nidulans 144, 179
Emericellopsis 211, 212
E. glaber 212
E. mirabilis 212
E. terricola 212
Endomycopsis 38
E. fibuliger 147
E. chodati 147
Eremothecium ashbyii 80
Erysiphe 33, 101
E. graminis 101
Eurotium 144, 165
E. amstelodami 167
E. chevalieri 169
E. rubrum 169
Exosporium 224

F

Fasiculata 187
Fomes 42, 133
F. fomentarius 133
F. officinalis 133
Funiculosa 187
Fusarium 36, 228
F. avenaceum 231, 238
F. graminearum 144, 231, 233
F. moniliforme 144, 229, 230, 231
F. oxysporum 230, 237
F. poae 230, 234
F. solani 144, 231, 235
F. sporotrichiodes 234

G

Ganoderma 34, 130
G. japonicum 132
G. lucidum 131
Geotrichum 35, 160
G. candidum 6, 160
G. ludwigii 162
Gibberella 230, 232
G. fujikuroi 18, 144, 229, 231
G. saubinetii 18, 233
Gliocladium 36, 202
Gliocladium roseum 144, 202
Gloeosporium 35, 242
G. olivarum 242
G. populi-albae 245
Glomerella 243
G. cingulata 244

H

Hansenula 38, 83
H. anomala var. *anomala* 84
H. saturnus var. *saturnus* 86
Helminthosporium 36, 224
H. avenae 224
H. oryzae 224
H. sativum 224, 225
H. sorokinianum 224, 225
Hansenlaspora 37
Hericium 34, 128
H. erinaceus 129
Hypocrea 207
H. rufa 207, 209
Hypomyces 230
H. haematococcus 144, 236

K

Kloeckera 37
Kluyveromyces 39

L

Lanata 187
Lentinus 34, 136
L. edodes 136
Leptomitus 31, 42
L. lacteus 43
Leucosporidium 39
Lipomyces 38, 162
Loddermyces 39

M

Metarrhizium 36, 241
M. anisopliae 241
Metschnikowia 38
Monascus 33, 97
M. fuliginosus 99
M. purpureus 98
Monoverticillata 186
Morchella 33, 118
M. esculeluta 118
Mortierella 32, 76
M. ramanniana 76
Mucor 32, 55
M. javanicus 55, 58
M. mucedo 55, 56
M. pusillus 55
M. racemosus 8, 55, 57
M. rouxianus 56, 58
M. spinescens 57
M. spinosus 55, 57
Mycotorula lactis 153
Myrothecium 36, 240
M. verrucaria 240

N

Nadsonia 37
Nectria 230
N. inventa 144, 216
N. glicoladioides 144
Nematospora 39
Nematospora gossypii 79
Neurospora 104
Neurospora crassa 104
N. intermedia 104, 106
N. sitophila 104, 105

O

Oidium lactis 160
Oospora lactis 160
Oosporium 39

P

Pachysolen 38
Paecilomyces 36, 199
P. persicinus 201
P. varioti 200
Pellicularia 248
P. filamentosa 249
P. praticola 249
Penicillium 36, 182
P. adametzi 187
P. brevi-compactum 187
P. camemberti 188
P. canescens 187
P. carpenteles 187
P. chrysogenum 188, 193
P. citrinum 187, 191
P. citreo-viride 189
P. claaiforme 188
P. commune 188
P. cyclopium 188, 195
P. digitatum 188
P. decumbens 186
P. duclauxi 189
P. expansum 188

P. frequentans 186, 190
P. funiculosum 189, 198
P. gladioli 188
P. granulatum 188
P. implicatum 186, 189
Penicillium islandicum 198
P. italicum 188, 196
P. janthinellum 187
P. javanicum 186
P. lilacinum 187, 191
P. lividum 187
P. luteum 188
P. nigricans 187
P. notatum 193
P. novae-zeelandiae 189
P. ochraceum 188
P. oxalicum 188
P. pallidum 188
P. patulum 188, 196
P. purpurogenum 189, 199
P. raistrickii 187
P. restrictum 187
P. roqueforti 187, 194
P. rugulosum 189
P. terrestre 188
P. thomii 186
P. toxicarum 189
P. urticae 196
P. vermiculatum 197
P. viridicatum 188
Peyronellula 212
Peziculа 243
Phakopsora 34, 123
P. zizyphi-vulgaris 123
Phoma 34, 245
P. hibernica 246
P. salanicola 247
Phycomyces 32, 61
P. blakesleeanus 61
Physoderma 31, 44
P. maydis 41
Pichia 33, 39, 87
P. farinosa 87
Pichia guillermondii 87
P. membranaefaciens 18
Pilobolus 31, 71
P. crystallinus 71
Piptocephalis 32, 69
P. tieghemiana 69
Pityrosporum 37
Plasmopara 48
P. viticola 48
Pleospora herbarum 226
Polyporus 129
P. umbellatus 130
Poria 34, 134
P. cocos 134
Puccinia 124
P. graminis tritici 125
Pullularia pullulans 219
Pyronema confluens 16, 17
Pythium 31, 43
P. aphanidermatum 47
P. debaryanum 47

R

Ramigena 186
Rhizoctonia 34, 247
R. leguminicola 248
R. solani 248
Rhizopus 31, 50
R. arrhizus 52, 53
R. batatas 54
R. chinensis 51, 52
R. delemar 54
R. nigricans 52
R. nodosus 54
R. oryzae 52, 53

R. sexualis 51
R. stolonifer 51, 52
R. tonkinensis 54
R. tritici 54
Rhodosporidium 39
Rhodotorula 157
R. glutinis var. *glutinis* 158
R. rubra 159

S

Saccharomyces 33, 39, 89
S. carlsbergensis 93
S. cerevisiae 89
S. cerevisiae var. *ellipsoideus* 90
S. ellipsoidus 90
S. fermentati 87
S. logos 93
S. ucarum 93
S. willianus 90
Saccharrmycodes 37
Saccharomycopsis 38
Saprolegnia parasitca 19
Sartorya 165
Saturnomyces 212
Schizoblastosporion 37
Schizosacharomyces 33, 37, 94
S. octosporus 96
S. pombe 95
Schiwantomyces 38
Scopulariopsis 36, 203
S. brevicaulis 203
Sepedonium 8, 36
Sepedonium ampullosporum 216
S. chrysospermum 216
Sordaria 107
S. araneosa 107
S. humana 108
S. fimicola 107
Spermophthora gossypii 78
Sporobolomyces 38
Sporidiobolus 37
Sporidesmium 224
Stachybotrys 36. 221
Stachybotrys atra 221
S. chartarum 221
S. cyltndrospora 221
Stemphylium 36, 226
S. botryosum 226, 227
S. ilicis 227
S. lanuginosum 226
Sterigmatomyces 37
Stysanus stemonitis 228
Syncephalastrum 32, 70
S. racemosum 70

T

Talaromyces vermiculatus 197
Thamnidium elegans 67
Thamnidium 32, 67
Torula 7
T. utilis 146, 155
Torulopsis 35, 40, 154
T. candida 155
T. globosa 156
T. utilis 146, 155
Tremella 33, 120
T. fuciformis 120
Trichoderma 35, 206
T. album 206
T. glaucum 206
T. koningii 206, 207
T. lignorum 206, 208
T. viride 206, 208
Tricholoma 34, 137
T. mongolicum 138
Trichothecium 35, 217
T. acridiorum 218
T. cytosporium 218

T. roseum 9, 218
Trichosporon 39
Trigonopsis 38

U

Ustilago 34, 127
U. maydis 7, 128
U. tritici 127

V

Vakrabeeja 224
Velutina 187
Verticillium 36, 215
V. cinnabarinum 216
V. lateritium 216
Volvaria 34, 139
V. volvaceae 139

W

Wikerhamia 37
Williopsis saturnus 86
Wingea 39

Z

Zygorhynchus 32, 63
Z. heterogamus 63